108年
光電綠能設施之農地利用
成果發表會 - 簡報輯

主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所
協辦單位：高雄區農業改良場
臺南區農業改良場
臺中區農業改良場
桃園區農業改良場
社團法人台灣農業科技資源運籌管理學會
財團法人台灣農業科技研究院

行政院農業委員會農業試驗所 編印
中華民國一〇八年十月

農業試驗所特刊第 219 號

108 年光電綠能設施之農地利用成果發表會-簡報輯

Briefing Book of 2019 Workshop on Optimizing Farmland Use for Photovoltaic Agriculture (Agrivoltaics) and Solar Photovoltaic

編輯
Edit by
林詠洲 楊純明
Lin Yung-Chou Yang Chwen-Ming

行政院農業委員會農業試驗所 編印

中華民國一〇八年十月

108年光電綠能設施之農地利用成果發表會

舉辦時間：108年10月7日(星期一)

舉辦地點：農業試驗所農民學院管理中心3樓 國際會議廳

主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所

協辦單位：高雄區農業改良場、臺南區農業改良場、臺中區農業改良場、桃園區農業改良場、社團法人臺灣農業科技資源運籌管理學會、財團法人臺灣農業科技研究院

時間	主題	主持人/主講者
09:00-09:30	報到	
09:30-09:50	開幕式、團體照	
09:50-10:10	茶敘	
10:10-10:30	農電共生計畫緣起及研究規劃	楊純明
主題一　主持人: 宋妤教授		
10:30-10:50	結球萵苣在屋頂式營農型綠能農業設施栽培生產之結果探討	李碩朋
10:50-11:10	營農型綠能農業設施下根莖類與葉菜類作物生產評估	黃哲倫
11:10-11:30	屋頂式營農型綠能農業設施下葉菜類生產評估	蕭巧玲
11:30-11:50	追日營農型綠能農業設施下萵苣栽培評估	陳葦玲
11:50-12:10	討論 (一)	
12:10-13:00	午餐	
主題二　主持人: 楊純明組長		
13:00-13:20	屋頂式營農型綠能農業設施下之瓜果類蔬菜生產及輪作系統建構	黃祥益
13:20-13:40	屋頂式營農型綠能農業設施之咖啡樹栽培評估	張淑芬
13:40-14:00	屋頂式營農型綠能農業設施作物篩選與評估	陳俊仁
14:00-14:20	屋頂式營農型綠能農業設施對低需光性作物生育影響之研究	楊雅淨
14:20-14:40	討論 (二)	
14:40-15:00	茶敘	
主題三　主持人: 蔡致榮副所長		
15:00-15:20	露天地面立柱式營農型綠能設施模擬於不同光電板遮蔽率、角度與高度下對於遮光率之影響	邱相文
15:20-15:40	非營農型光電綠能設施土壤管理與環境復育之研究	蔡耀賢
15:40-16:00	農業綠能產業應用趨勢探詢	張峻齊
16:00-16:20	農業綠能共構人才供需調查及分析工作計畫	易秉蓉
16:20-16:40	討論 (三)	

序

本會為配合行政院發展再生能源政策及太陽光電推動計畫，乃於105年9月訂定太陽光電結合農地或農業設施利用規範，以期建立綠能發展與農業生產的雙贏模式。再於106年6月28日修正發布「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」，明訂綠能設施之申請類型及程序，期能全面推廣屋頂型及地面型綠能設施，惟仍須符合「農業為主、光電為輔」之原則，以避免『假種田、真種電』的情境發生。本會同時善用跨部會圖資資訊，加強審查附屬綠能設施之農業設施使用情況，並積極協助各市縣政府篩選異常資料落實清查，亦對於初遭廢止容許使用者予以輔導改進機會，以確保農地農用及符合補助再生能源躉購電價之購電正義。

又為利於農地上併行農業經營與綠能產電之創新農業綠能產業健全發展，本會自 107 年起先後於『新農業』領域及『綠能科技』領域成立「農業資源循環暨農能共構之產業創新」和「農業綠能多元發展之整合性關鍵技術研發與推動」政策型整合性科研計畫，透過試驗研究來篩檢農電共構適用的農作物品項及漁電共構適用的養殖漁類，同時研發農電共生和漁電共生所需要的生產技術。本項「108 年**光電綠能設施之農地利用成果發表會**」呈現了農電共構共享的研發成果，由本會農業試驗所統籌規劃，並由本會高雄區農改場、臺南區農改場、臺中區農改場及桃園區農改場共同參與執行。

由發表會議程顯示的各項豐富成果，相信必然可以提供相關農民、農企業或經營業者的參考，也可助益於農業綠能產業的應用與正向發展。本人謹藉此向投入計畫研究的同仁辛勞表示誠摯的感謝，希望大家持續的研究精進不斷的提出新成果，邁向農電共構、共生共享的理想願景，導入科技農業的新風貌。

最後，預祝本項成果發表會順利成功、圓滿完成，也祝福大家身體健康、萬事如意、心想事成! 謝謝。

行政院農業委員會農業試驗所

所長 林學詩 謹識

中華民國一〇八年十月

108 年光電綠能設施之農地利用成果發表會-簡報輯

目　錄

農電共生計畫緣起及研究規劃 1

結球萵苣在屋頂式營農型綠能農業設施栽培生產之結果探討 11

營農型綠能農業設施下根莖類與葉菜類作物生產評估 23

屋頂式營農型綠能農業設施下葉菜類生產評估 37

追日營農型綠能農業設施下萵苣栽培評估 43

屋頂式營農型綠能農業設施下之瓜果類蔬菜生產及輪作系統建構 53

屋頂式營農型綠能農業設施之咖啡樹栽培評估 67

屋頂式營農型綠能農業設施作物篩選與評估 73

屋頂式營農型綠能農業設施對低需光性作物生育影響之研究 101

露天地面立柱式營農型綠能設施模擬於不同光電板遮蔽率、角度與高度下對於遮光率之影響 107

非營農型光電綠能設施土壤管理與環境復育之研究 115

農業綠能產業應用趨勢探詢 129

農業綠能共構人才供需調查及分析工作計畫 145

光電綠能設施之農地利用成果發表會，108.10.7

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

農 電 共 生 計 畫 緣 起 及 研 究 規 劃

Origin of Agrivoltaics Research Project and Its Planning

主講者：楊純明

機關(構)/單位：行政院農業委員會
農業試驗所作物組

綱要

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

- 農業綠能政策及創新農業綠能產業 → 現行營農型農業綠能案場態樣及狀況
- → 農電共生/農業綠能計畫
- → 計畫介紹
- → 當前聚焦研究
- → 結語

臺灣農業面臨不可逆的大趨勢

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

提升農業競爭力

不可逆

提升農業競爭力必須
升級、創新、加值

2001年(杜哈回合)WTO談判
臺灣市場已開放

農業科技化
市場全球化
經濟合作區域化

2005年2月京都議定書生效
臺灣配合善盡節能減碳
減少溫室氣體排放

健康安全農產品
國內外要求日益提高
吃的安全、吃出健康

高能源價格世代來臨
緊繃世界糧食供需
刺激糧食價格上升

3

農業綠能政策

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

國家再生能源政策

↓ 農地

農業綠能政策

↓ 結合

農業生產
再生綠能

↓ 目標

農電共構
共生共享

↓ 平衡

農地上併行農業生產
與綠能產電的競合關係

→

106-107年
『新農業』領域
「農業資源循環暨
農能共構之產業創新」

↓ 變更

108-111年
『綠能科技』領域
「農業綠能多元發展之整合性
關鍵技術研發與推動」

4

創新農業綠能產業

農業綠能產業 ≅ 農電共構共享產業、農電共生產業

近年來於**農地上**(**可耕地**及**不利農業經營農地**)興起併行農業經營與綠能產電之創新產業態樣，目前以**太陽能**及**風能**為主

- **可耕地**上者，稱為**營農型農業綠能設施**
  - 對應**28條**者，可稱為**屋頂式營農型(溫室)**
  - 對應**29條**者，可稱為**露天地面式營農型**
- **不利農業經營農地**上者，稱為**非營農型光電綠能設施**
  - 對應**30條**者，可稱為**地面式非營農型**

農業綠能產業的實施，必須**妥適規劃**及**規範**，以免

- 影響**農業生產**、**食品安全**及與**糧食安全**
- 妨礙**國土**整理規劃利用、**地景地物地貌**、**農村**樣貌與發展
- 造成**農地破碎**、**地力劣化**、**土壤污染**、**生態環境威脅**
- 其他**負面效應**

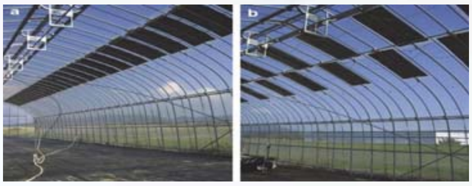
5

創新農業綠能產業內涵

6

現行營農型農業綠能案場態樣

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



依『申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法』第8章第28條申請(農業設施附屬綠能設施)

狀況: 既有屋頂式營農型光電綠能設施案場需要作物栽培調適與改善措施

屋頂式營農型

附屬農業設施/溫室屋頂

現行

光電綠能農業設施

發展中

露天地面式營農型

綠能設施結合農業經營

現行

地面式非營農型

綠能設施建置地面上

區位限制/專區設置/群落發展

狀況: 創新營農型光電綠能設施態樣需要規範

依『申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法』第8章第29條申請(綠能設施結合農業經營使用)

狀況: 光電設施土壤之生態環境監測及污染農地整合復育

依『申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法』第8章第30條申請(不利農業經營農地)

7

幾種常見營農型農業綠能案場態樣

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

屋頂式太陽能板行陣排列

屋頂式太陽能板棋盤排列

屋頂式太陽能板行陣追日

研究用露天地面立柱式

模擬露天地面立柱式

模擬露天地面立柱式

問題??
- 設施設計與設置
- 太陽能板遮蔽率
- 水土資源資材考量
- 生態維護環境保護
- 合理農業生產量
- 合理農產物品質

8

現行營農型農業綠能案場狀況

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

營農型光電綠能設施

必須結合農業經營

8章28條

附屬於農業設施

屋頂式營農型綠能設施(現行既有案場態樣)

通案問題:

1. 常未依照經營計畫進行農業經營使用
2. 所謂農業設施常未符合溫室規定
3. 普遍有太陽能板遮蔽率高於40%以上

研究 → **屋頂式營農型綠能設施作物品項及栽培調適與改善措施，以符合農地農用**

8章29條

結合農業經營使用

地方政府或國營事業提出整體規劃計畫，經中央政府專案審查核定，再由地方政府或國營事業受理審查申請案件及核定

通案問題:

1. 尚未有依容許使用辦法8章29條申請設置者
2. 尚未有經核定專屬區位、專區及群落發展者

研究 → **創新露天地面式營農型綠能設施、作物品項及栽培調適與改善措施，以利用於創新模式**

非營農型光電綠能設施

免與農業經營相結合

8章30條

經濟部公告不利農業經營農地(18區，1253公頃)

汙染控制(整治)場址(管制區)(需經環保署會同審查，374公頃)

地方政府提送不利農業經營區位，中央審定及辦理公告，再由地方政府審查申請案件及核定

通案問題:

1. 申請件數少
2. 使用面積小(目前合計約39公頃)

研究 → **光電設施土壤之生態環境監測及汙染農地整合復育，俾於未來恢復地力於農業使用**

9

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

統籌計畫：農業綠能多元發展之整合性關鍵技術研發與推動

推動小組：新式綠業綠能共構模式開發與應用

子項計畫：創新綠能農業設施之作物整合生產模組及營運體系

主管部會：行政院農業委員會

執行單位：行政院農業委員會農業試驗所
桃園區農業改良場
臺中區農業改良場
臺南區農業改良場
高雄區農業改良場

執行期程：**108-111年** (前期106-107年)

重點政策項目：綠能產業、新農業

計畫屬性：■ 研究類　■ 產業類

10

農委會農業綠能研究計畫表

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

類別	計畫(領域)名稱
推動小組	新式綠業綠能共構模式開發與應用
子項計畫	創新綠能農業設施之作物整合生產模組及營運體系
單一計畫	創新營農型綠能農業設施作物生產營運體系研究(農試所作物組、農工組、嘉義分所、鳳山分所)
單一計畫	建構營農型太陽光電綠能設施環境下蔬菜及花卉生產模式(高雄場旗南分場)
單一計畫	綠能設施下作物生產模式開發(臺南場雲林分場)
單一計畫	營農型太陽光電綠能設施下作物生產模式開發(臺中場)
單一計畫	營農型太陽光電綠能設施農電共構共享整合生產技術與經營管理之研究(桃園場新埔工作站)

11

計畫簡述(108-111年)

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

計畫願景 為符合農地農用政策，現階段政府在農地上實施結合農業經營與綠能產電之的創新產業態樣，係依照**『農用為主、優先；綠電為輔、加值』原則**，形成所謂**農電共構共享/農電共生**，來平衡能源政策與農業發展間的競合關係。

計畫目的 開發**配套作物整合栽培生產模組提供農電共構業者參採，並技術諮詢與輔導既有案場導正現行缺失、引導未來農地上併行農業經營與綠能產電之創新農電共構產業正向發展及法規調修，平衡農地農用與綠能產業政策**，達到**加值農業及綠能生產**雙贏共榮目的。

計畫屬性 本計畫屬於產業型研究計畫，提供在農地上發展農電共構共享創新產業態樣之農業經營所需生產技術套組，以及產業之技術諮詢與輔導，裨益於產業發展。

計畫重點 計畫研究重點在於篩檢適用營農型光電綠能農業設施之作物品項與栽培調適技術，組成配套**作物整合栽培生產模組**。後續可配合案場資源、資材及環境等條件，協助案場建立營運體系。

12

計畫目標及策略

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

目標

落實農電共構之共享雙贏政策目標

- **營農型**: 釐清農業綠能設施(**屋頂式**及**露天地面式**)對農業(作)生產質量影響，研發配套作物整合栽培生產模組，以改進**農地**上併行農業經營與綠能產電之生產管理，使得農電共構之創新農業綠能產業得以共享雙贏，平衡農地上農業經營與綠能產電之競合。
- **非營農型**: 探討**不利農業經營農地**上光電綠能設施對生態環境影響，建立土壤管理與環境復育技術及監測系統，以利用於長期維護不利農業經營農地之生態環境，使保有未來恢復從農使用之潛力。

	營農型	非營農型
內容	營農型創新農電共構模式開發與應用	非營農型光電綠能設施生態環境維護
統籌單位	農試所	農試所
執行團隊	農試所　桃園場 臺中場　臺南場 高雄場	農試所
策略	研發創新農業綠能設施之作物整合生產模組及營運體系	建立非營農型光電綠能設施土壤管理與環境復育系統

13

擬解決問題與目標說明

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

	光電板遮蔽率	設施環境監測分析	作物栽培因應調適	農電共構營運體系
問題描述	營農型光電綠能設施太陽能板遮蔽率係栽培作物一大阻礙，影響設施微氣候環境	設施環境良窳影作農作經營成效，須針對現有或未來案場進行設施環境監測與分析	營農型光電綠能設施必先篩檢適用作物品項及栽培調適技術，建立合適整合生產模組及營運體系	欲創造農電共構之共享雙贏，必先建立營農型光電綠能設施案場營運體系，甚至全盤規劃產銷
目標說明	利用PV Syst.模擬軟體分析不同光電板設置設計造成光環境剖面與光照遮蔽情形，佐以實際量測，改進光照及規劃光環境利用	透過量測與分析設施微氣候(象)環境，據以進行作物栽培調適，並改善微氣象與營養因子，以利作物生長與生產	根據作物生理與逆境效應，研發因應調適措施/技術，且篩檢適用作物品項、組成整合生產模組	依據案場選用作物整合栽培生產模組，配合案場資源、資材及環境等條件，建立適合營運體系

14

計畫預期效益面向

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

產業經濟效益

提供**既有**農電共構案場技術諮詢與輔導，**導正**農業經營缺失，**健全農地上**農業綠能推動，並**引導**未來創新農業綠能產業正向發展，以及農地上併行農業經營(生產)與綠能產電之立意

- 技術諮詢及輔導**既有**營農型農電共構案場，使農地上合理併行農業經營與綠能產電，農電共享雙贏
- 引導**未來**農地上創新農電共構產業態樣之正向發營，強化農業生產與綠電共同經營，加值農業生產效益
- 輔導設立**示範案場**供觀摩

社會環境效益

透過營農型(及非營農型)試驗結果，修訂「**申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法**」相關法規及擬定「**農業經營結合綠能設施之專案計畫提審作業機制**」等規範，以符合社會期待和生態環境維護

- 透過營農型(及非營農型)計畫:
  - 建全農地營農型併行農業經營與綠能產電共構，符合綠電自用**優先**、餘電出售**加值**
  - 以成功案場導向**專區經營**，防止農地破碎化、地力衰退
  - 輔導非營農型光電案場生態維護與環境保護，改善地力、復育生態

科技效益

篩檢適用**屋頂式**及**露天地面式**營農型光電綠能設施栽培之**作物品項**及其**栽培調適技術**，組成配套作物**整合栽培生產模組**，又配合案場資源、資材及環境等條件協助建立**生產營運體系**

- 建置**研究型**模擬屋頂式及露天地面式設施提供試驗
- 篩檢適用屋頂式及露天地面式之**作物品項**
- 研發適用作物之**栽培調適技術**
- 組成**作物整合栽培生產模組**

16

計畫預期遭遇困難或待解決事項

新式農業綠能共構模式開發與應用

- 既有**違規改善**及**被廢止容許使用**之營農型案場，部分受輔導改善之業者未必持有**正向態度**
- 預擬**新設**之營農型案場，依照規定提出經營計畫書及進行**2階段申請作業**是否完備，影響新案場是否順利設立及未來產業發展
- 「**農產業地面營農型太陽光電試驗專案計畫作業原則**」之審定機制尚未完備，**專區設立**及**案場管理規範**亦待建立，影響**露天地面式營農型**綠能設施營運體系推展

非營農型光電綠能場域生態影響評估

- **不利農業經營農地**之**非營農型光電綠能設施案場**，業者**維護生態環境及地力**之意願及做法
- 各個非營農型光電設施案場各有其**特定生態環境**，必須分別建立**生態環境指標**及**監測體系**，俾以有效實施生態環境改善措施
- 光電設施案場通常營運數十年，其間業者轉換或改善措施改變難料，政府相關部門有待**建立合適法規予以規範和管理**

當前聚焦研究:
露天地面式營農型綠能設施

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

規劃設計與設置研究用模擬地面立柱式營農型綠能設施，進行

- 適用作物品項篩選
- 栽培調適技術
- 作物整合栽培生產模組

為期未來可適用於「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」第8章第29條所稱可結合農業經營使用之綠能設施，乃規劃設計與設置研究用模擬地面立柱式營農型綠能設施

- 具有3.0–5.0 m每間隔0.5m之5種高度調整及30、40、50%等3種遮蔽率調整之彈性，以利用於多種組合之試驗研究所需

未來建議 → **適當之露天地面式營農型綠能設施設置原則、遮蔽率、生產量及案場管理規範之調修和訂定**

結語

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 農業綠能產業係一農業的創新產業態樣，由於在農地上**併行農業經營與綠能產電之共構共享，必須妥適規劃及規範**，以免衍生非必要負面效應。
- 農委會計畫研究團隊基於**『以農為本、優先；綠電為輔、加值』**原則，期望透過試驗研究結果，導正現行既有營農型綠能設施案場之農業經營方式，並引導未來創新農業綠能產業之發展方向，使農電共構之新產業態樣達到**互利雙贏、共享共榮**。
- 篩檢之**適用作物品項清單**及其**栽培調適技術**組成的**整合作物栽培生產模組**，可提供業者參考、應用，並可配合案場之資源、資材及環境等條件，協助建立**營運體系**使能併行農業綠能。
- 本計畫團隊除了農委會所屬試驗改良場所參與之外，亦結合輔導之**示範案場**進行**觀摩**、**研習**，以健全創新農業綠能產業。

19

農用為主
綠電為輔
以電助農

感謝聆聽 敬請指教

行政院農業委員會農業試驗所
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE
1895

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

結球萵苣在屋頂式營農型綠能農業設施栽培生產之結果探討

Evaluation of Iceberg Lettuce Production under Checkerboard pattern of Roofy Type Agricultural Photovoltaic Facility

主講者：李碩朋* 羅惠齡

機關(構)/單位：行政院農業委員會
鳳山熱帶園藝試驗分所

結球萵苣簡介

- *Lactuca sativa* var. capitata L.，英文：Iceberg lettuce。
- 俗稱包心萵苣、西生菜、美生菜。
- 為生菜沙拉材料，口感清脆。
- 菊科萵苣屬，原產於地中海沿岸。
- 喜冷涼環境，生長適溫為15℃~25℃。
- 高於28℃則無法形成葉球。
- 莖短縮，心葉抱合成葉球。
- 種植適期為10月上旬至翌年3月上旬。

2

試驗方法

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 於40%遮蔽率之屋頂式綠能農業設施下，選擇「常利3號」、「常利6號」、「常利7號」、「LE1526A02」、「LE1526A03」及「美國大湖118」等6個結球萵苣為參試品種。
- 於107年9月23日、10月11日、10月25日、11月9日、11月21日、12月27日及108年2月12日定植。
- 11月13日、11月21日、12月6日、12月20日、108年1月10日、2月12日、3月22日分批採收。
- 平棚網室之比較栽培於108年2月19日定植，4月1日採收調查。
- 田間採逢機區集，三重複，小區面積80×490cm。
- 相關試區並收集溫度、濕度與光度等氣象資料。

3

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

圖1.40%遮蔽率之屋頂型光電溫室6種結球萵苣栽培比較。

圖2.一般平棚網室6種結球萵苣栽培比較。

4

表1.結球萵苣第一批採收之結果

品種名稱	總重(g)	株重(g)	株高(cm)	株寬(cm)
常利3號	6692.8 a	261.8 b	23.6 c	15.6 bc
常利6號	7224.6 a	353.8 a	19.6 c	12.7 c
常利7號	5817.7 a	272.6 ab	28.6 c	17.4 b
大湖118	6542.1 a	275.6 ab	42.6 ab	21.7 a
LE1526A02	6050.5 a	224.7 b	30.8 bc	15.2 bc
LE1526A03	6223.9 a	260.1 b	46.9 a	15.5 bc

註：1. 定植日期：2018.9.23；採收日期：2018.11.13
2. 同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

表2.結球萵苣第二批採收之結果

品種名稱	總重(g)	株重(g)	株高(cm)	髓心長度(cm)
常利3號	5253.8 a	295.3 a	13.5 bc	10.7 bc
常利6號	4838.2 ab	265.8 ab	14.8 bc	14.6 a
常利7號	2742.8 ab	222.4 abc	14.2 bc	14.3 a
大湖118	2434.6 b	226.8 abc	22.5 a	16.0 a
LE1526A02	2886.5 ab	153.2 c	11.0 c	9.1 c
LE1526A03	3497.5 ab	171.1 bc	16.9 b	13.3 ab

註：1. 定植日期：2018.10.11；採收日期：2018.11.21
2. 同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

5

20光電綠能設施之

表3.結球萵苣第三批採收之結果

品種名稱	總重(g)	株重(g)	株高(cm)	髓心長度(cm)
常利3號	4191.1 a	191.3 a	14.8 b	12.6 a
常利6號	5969.6 a	266.8 a	14.5 b	13.5 a
常利7號	1736.7 a	222.0 a	16.9 ab	14.6 a
大湖118	3335.0 a	322.7 a	21.5 a	16.7 a
LE1526A02	4469.5 a	277.9 a	15.2 b	15.1 a
LE1526A03	5417.7 a	253.4 a	15.9 b	14.4 a

註：1. 定植日期：2018.10.25；採收日期：2018.12.6
2. 同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

表4.結球萵苣第四批採收之結果

品種名稱	總重(g)	株重(g)	株高(cm)	髓心長度(cm)
常利3號	7326.4 a	335.5 a	15.5 ab	14.0 a
常利6號	6005.2 ab	329.5 a	14.2 b	13.3 a
常利7號	2916.8 b	259.0 a	13.9 bc	13.6 a
大湖118	4165.5 ab	197.1 a	11.6 c	10.1 b
LE1526A02	4966.2 ab	255.5 a	17.2 a	11.8 ab
LE1526A03	7326.4 a	335.5 a	15.5 ab	14.0 a

註：1. 定植日期：2018.11.9；採收日期：2018.12.20
2. 同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

6

結果

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 根據單位面積總產量及植株髓心長度來看，107年為暖冬，第一批次之定植時間太早，所有品種均未結球，但單位面積產量以常利6號之7224.6克最高，其次為常利3號之6692.8克。
- 第二批次之單位面積產量以常利3號之5253.8克最高，其次為常利6號之4838.2克，髓心長度以LE1526A02之4.1公分最短，其次為常利3號之6.0公分；結球萵苣要能結球，髓心長度必須在6公分以下，雖然兩個品種之髓心長度在6公分或以下，但結球情形仍不理想。
- 第三批次之單位面積產量以常利6號之5969.6克最高，其次為LE1526A03之5417.7克，但髓心長度LE1526A03及美國大湖118均超過11公分以上，明顯抽苔，顯示對氣溫較敏感，稍高之氣溫易致抽苔，降低商品價值。
- 第四批次之單位面積產量以常利3號之7326.4克最高，其次為常利6號之6005.2克，髓心長度僅LE1526A02之5.5公分有在標準之6公分以下，但總收量不高。

7

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表5.結球萵苣第五批採收之結果

品種名稱	總重(g)	株重(g)	株高cm)	株寬(cm)	髓心長度(cm)
常利3號	14592.3 a	379.6 a	14.0 b	12.6 ab	10.9 c
常利6號	13535.0 ab	325.6 ab	15.0 b	12.9 a	10.1 c
常利7號	11943.7 ab	282.0 bc	14.2 b	11.5 b	9.7 c
大湖118	10452.5 ab	280.2 bc	19.6 a	12.5 ab	15.2 a
LE1526A02	10516.2 b	221.8 c	15.2 b	9.6 c	11.4 bc
LE1526A03	13444.3 b	218.4 c	19.5 a	9.7 c	15.0 ab

註：1. 定植日期：2018.11.21；採收日期：2019.1.10
2. 同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

表6.結球萵苣第六批採收之結果

品種名稱	總重(g)	株重(g)	株高cm)	株寬(cm)	髓心長度(cm)
常利3號	18003.4 a	393.8 a	13.0 a	12.6 b	6.8 ab
常利6號	18454.4 a	417.9 a	13.1 a	12.7 b	6.6 ab
常利7號	15933.1 a	350.7 a	12.4 a	12.5 b	11.1 a
大湖118	11665.4 a	212.2 a	19.2 b	16.9 a	4.8 b
LE1526A02	14796.3 a	259.7 a	14.3 a	13.9 b	3.9 b
LE1526A03	10198.4 a	368.6 a	15.1 a	14.7 ab	6.3 ab

註：1. 定植日期：2018.12.27；採收日期：2019.2.12
2. 同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

8

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表7.結球萵苣第七批採收之結果

品種名稱	總重(g)	株重(g)	株高cm)	株寬(cm)	髓心長度(cm)
常利3號	13901.3 b	307.3 b	13.2 c	10.9 b	9.6 a
常利6號	12395.3 ab	264.1 ab	13.4 c	10.9 b	10.4 ab
常利7號	11637.3 ac	247.2 ab	14.5 ac	11.2 b	11.9 b
大湖118	10021.8 c	191.9 a	14.2 c	10.8 b	9.0 a
LE1526A02	11211.8 ac	232.0 a	16.4 ab	11.6 b	11.7 b
LE1526A03	12024.3 abc	249.4 ab	18.1 b	13.8 a	9.7 a

註：1. 定植日期：2019.2.12；採收日期：2019.3.22
2. 同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

表8.結球萵苣一般平棚網室採收之結果

品種名稱	總重(g)	株重(g)	株高cm)	株寬(cm)	髓心長度(cm)
常利3號	24023.3 abc	637.6 ab	14.1 b	15.0 c	6.1 ab
常利6號	24812.5 ab	594.1 a	14.4 b	15.0 c	5.9 a
常利7號	21497.5 ac	578.0 a	13.6 b	14.0 c	6.0 ab
大湖118	19674.8 c	657.2 ab	15.0 b	17.8 b	6.2 ab
LE1526A02	21066.8 c	552.6 a	14.4 b	17.1 b	5.8 a
LE1526A03	26860.2 ab	827.3 b	21.6 a	22.1 a	6.7 b

註：1. 定植日期：2019.2.19；採收日期：2019.4.1
2. 同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

9

結果

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 第五批次之單位面積產量以常利3號之13535.0克最高，其次為LE1526A03之13444.3克，髓心長度僅常利7號之9.7公分最短，但仍超過標準之6公分。
- 第六批次之單位面積產量以常利6號之18454.4克最高，其次為常利3號之18003.4克，髓心長度除常利7號達到11.1公分外，其他均接近標準之6公分，美國大湖118及LE1526A02則在6公分以下。
- 第七批次之單位面積產量以常利3號之13901.3克最高，其次為常利6號之12395.3克，但髓心長度均超過6公分。
- 相對於40%遮光率之屋頂式綠能設施栽培結球萵苣，再於鳳山分所的平棚網室定植一批，單位面積產量以LE1526A03之26860.2克最高，其次為常利6號之24812.5克，但髓心長度均接近6公分，可以正常結球。

10

表9.6個結球萵苣在40%遮蔽率之光電溫室與一般平棚網室栽培比

品種名稱	栽培地	總重 (g)	株重 (g)	株高 (cm)	株寬 (cm)	髓心長度(cm)
常利3號	遮蔽40%(A)	13901.3	307.3	13.2	10.9	9.6
	平棚網室(B)	24023.3	637.6	14.1	15.0	6.1
	(A)/(B)	0.58	0.48	0.94	0.73	1.57
	標準偏差	*	*	NS	NS	**
常利6號	遮蔽40%(A)	11637.3	247.2	14.5	11.2	11.9
	平棚網室(B)	24812.5	594.1	14.4	15.0	5.9
	(A)/(B)	0.47	0.42	1.01	0.75	2.02
	標準偏差	NS	NS	*	NS	*
常利7號	遮蔽40%(A)	11637.3	247.2	14.5	11.2	11.9
	平棚網室(B)	21497.5	578.0	13.6	14.0	6.0
	(A)/(B)	0.54	0.43	1.07	0.80	1.98
	標準偏差	NS	*	NS	NS	*
美國大湖118	遮蔽40%(A)	10021.8	191.9	14.2	10.8	9.0
	平棚網室(B)	19674.8	657.2	15.0	17.8	6.2
	(A)/(B)	0.51	0.29	0.95	0.61	1.45
	標準偏差	NS	NS	NS	*	*
LE1526 A02	遮蔽40%(A)	11211.8	232.0	16.4	11.6	11.7
	平棚網室(B)	21066.8	552.6	14.4	17.1	5.8
	(A)/(B)	0.53	0.42	1.14	0.68	2.02
	標準偏差	*	*	*	*	*
LE1526 A03	遮蔽40%(A)	12024.3	249.4	18.1	13.8	9.7
	平棚網室(B)	26860.2	827.3	21.6	22.1	6.7
	(A)/(B)	0.45	0.30	0.84	0.62	1.45
	標準偏差	**	NS	NS	**	NS

註： 1.光電設施遮蔽40%定植日期：2019.2.12；採收日期：2019.3.22
2.一般平棚設施定植日期：2019.2.19；採收日期：2019.4.1
3.同行英文字母相同者表示經LSD顯著性測驗未達5%顯著差異水準。

11

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

圖3.結球萵苣「常利3號」。

圖4.結球萵苣「常利6號」。

12

2019光電綠能設施之
農地利用成果發表會

圖5.結球萵苣「常利7號」。

圖6.結球萵苣「LE1526A02」。

13

2019光電綠能設施之
農地利用成果發表會

圖7.結球萵苣「LE1526A03」。

圖8.結球萵苣「美國大湖118」。

14

結果

- 依據露地、網室及40%遮蔽率綠能設施下之日均溫曲線圖顯示：日均溫一般是露地〉網室〉光電溫室，但差異在1℃以內。

20光電綠能設施之

	3月21日	3月22日	3月23日	3月24日	3月25日	3月26日	3月27日	3月28日	3月29日	3月30日	3月31日	4月1日	4月2日
網室日均溫,˚C	26.40	26.32	20.89	20.68	23.66	24.41	25.55	26.33	26.13	25.84	25.71	23.19	24.74
室外日均溫,˚C	26.64	26.89	20.97	20.74	24.04	24.67	25.72	26.43	26.37	25.94	25.76	23.29	24.67
向陽日均溫,˚C	25.72	25.42	22.47	21.31	23.85	24.15	25.08	26.15	26.03	25.91	25.47	24.01	24.55

網室日均溫,˚C　室外日均溫,˚C　向陽日均溫,˚C

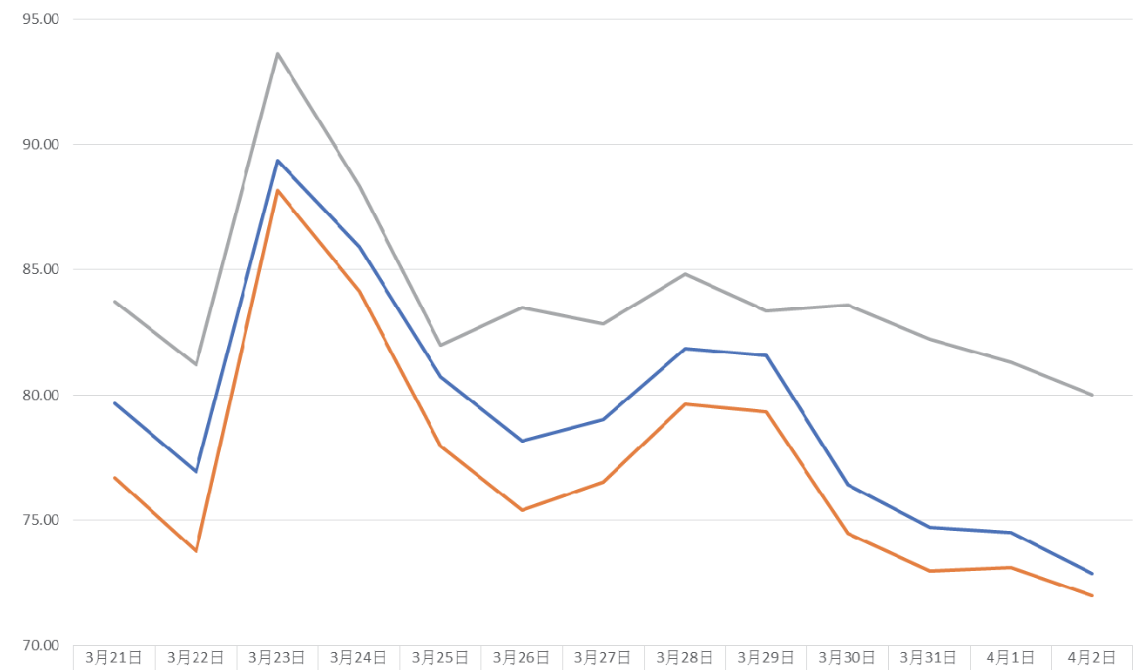
圖9.108年3月21日至4月2日光電溫室、平棚網室及露地之日均溫。

結果

- 依據露地、網室及40%遮蔽率光電溫室之相對濕度曲線圖顯示：相對溼度由高至低為光電溫室〉網室〉露地，差異範圍在7%以內。

17

20光電綠能設施之



	3月21日	3月22日	3月23日	3月24日	3月25日	3月26日	3月27日	3月28日	3月29日	3月30日	3月31日	4月1日	4月2日
網室日均相對濕度, %	79.67	76.92	89.37	85.90	80.73	78.18	79.00	81.86	81.58	76.43	74.70	74.50	72.89
室外日均相對濕度, %	76.68	73.77	88.16	84.15	77.97	75.39	76.53	79.62	79.33	74.47	72.97	73.11	71.98
向陽日均相對濕度, %	83.73	81.19	93.64	88.33	81.99	83.49	82.82	84.81	83.36	83.60	82.21	81.29	80.01

圖10.108年3月21日至4月2日光電溫室、平棚網室及露地之相對濕度。

18

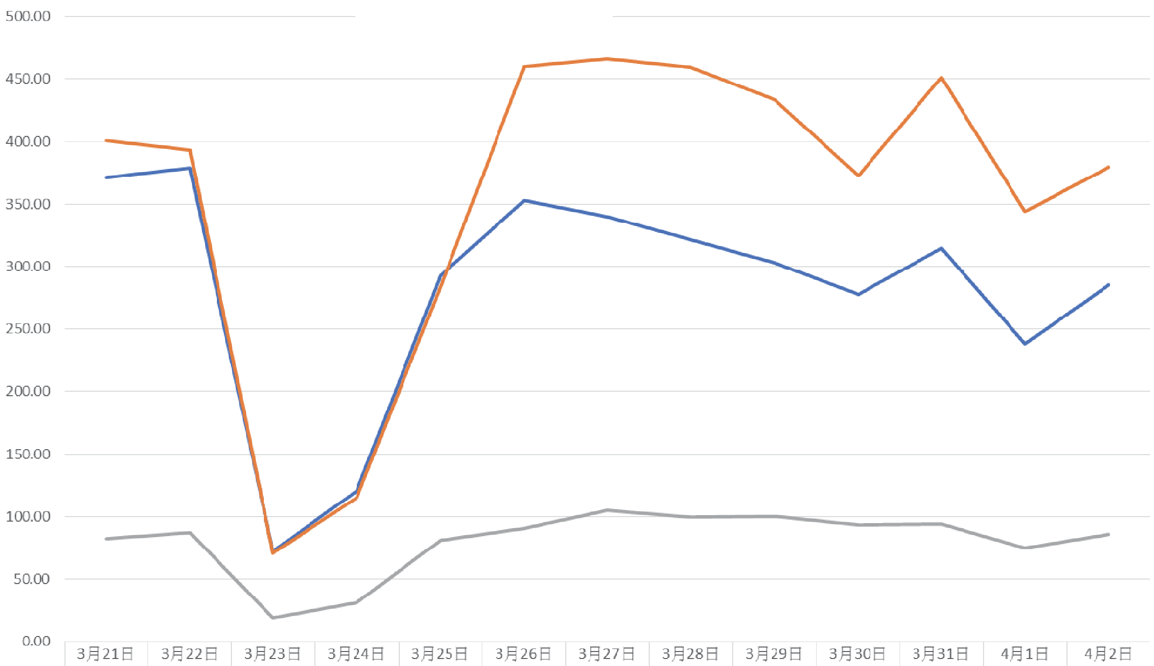
結果

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 依據露地、網室及40%遮蔽率屋頂式綠能農業設施光通之光合作用光通量密度曲線圖顯示：光通量密度大小為露地〉網室〉光電溫室，屋頂式綠能農業設施光通光通量密度只有露地的21%左右，而網室則有70%以上，此為葉菜栽培在光電溫室生產最大的限制因子。

19

20光電綠能設施之



	3月21日	3月22日	3月23日	3月24日	3月25日	3月26日	3月27日	3月28日	3月29日	3月30日	3月31日	4月1日	4月2日
網室日均亮度, uE	371.28	378.65	72.11	120.84	292.66	352.97	339.92	321.62	303.15	277.84	314.95	238.02	285.44
室外日均亮度, uE	400.65	393.21	70.86	115.03	283.78	460.11	465.94	459.69	433.57	372.76	451.46	344.14	379.85
向陽日均亮度, uE	82.33	87.45	18.63	31.47	81.03	90.91	104.69	99.44	100.26	93.17	94.33	74.90	85.54

網室日均亮度, uE　室外日均亮度, uE　向陽日均亮度, uE

圖11.108年3月21日至4月2日光電溫室、平棚網室及露地之光合作用光通量密度，三者差異大，最低的是40%遮蔽率的光電溫室。

20

執行成果

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 40%遮蔽率之屋頂式綠能農業設施光通與一般平棚網室之生長比較，平棚網室在株重、株高、株寬以及總重上均優於40%遮蔽率之屋頂型光電溫室，同時亦可順利結球。「常利3號」在40%遮蔽率之屋頂型光電溫室下栽培，產量可達平棚網室之58%，「常利7號」可達54%，「LE1526A02」為53%。
- 「常利3號」及「常利6號」，地上物總收量均較其他品種高，表現相對優異，但栽培結果顯示：結球萵苣在40%遮蔽率之屋頂型光電溫室下較無法正常結球，但是葉片仍脆嫩可口，可以當作一般葉菜來栽培及食用。
- 40%遮蔽率之屋頂式綠能農業設施光通量密度只有露地的21%左右，有必要提高光照度或是篩選適種品種以改善之。

21

感謝聆聽 敬請指教

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

營農型綠能農業設施下根莖類與葉菜類作物生產評估

Evaluation of Rhizome and Leafy Vegetables Production under Straight-line Pattern of Roofy Type Agricultural Photovoltaic Facility

主講者：黃哲倫* 張淑芬
陸柏憲 詹庭筑
賴永昌

機關(構)/單位：行政院農業委員會
農業試驗所嘉義分所

2019光電綠能設施之
農地利用成果發表會

前言

- 能源需求上升
- 全球暖化

2

前言

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

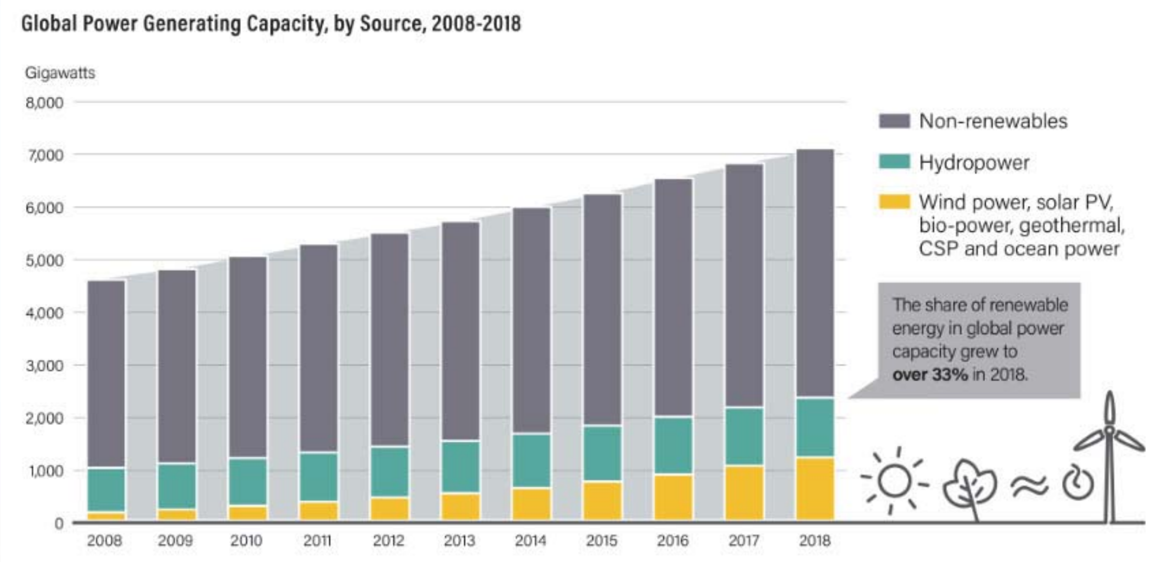


圖1、107年全球電力比例 (21世紀可再生能源政策網 REN21 2018年全球再生能源概況報告)。

3

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

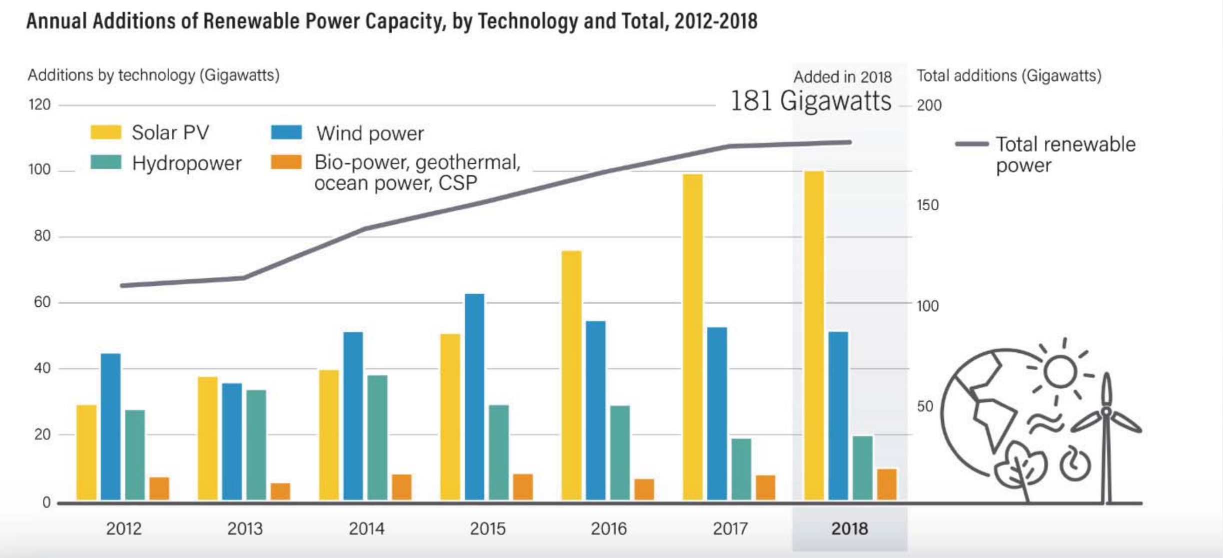


圖2、107年全球電力比例 (21世紀可再生能源政策網 REN21 2018年全球再生能源概況報告)。

4

前言

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

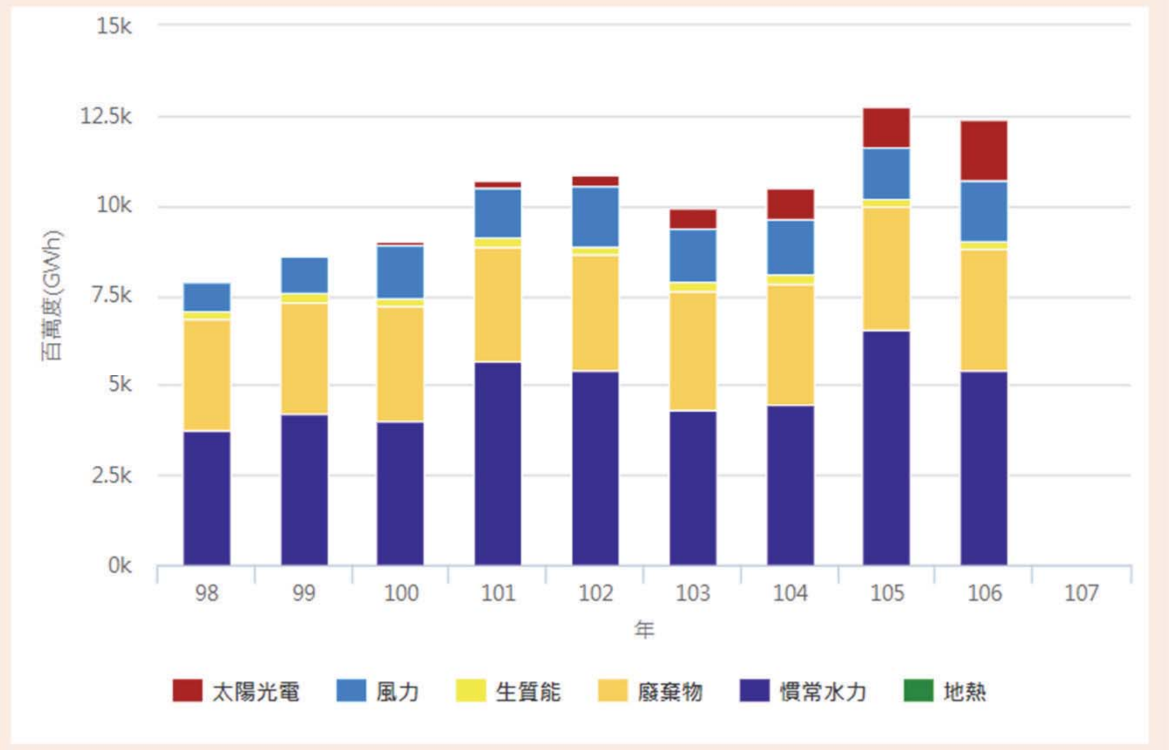


圖3、98-106年全國電力部門再生能源發電量比例 (能源局)。

5

前言

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 光電與農業結合

1.非營農

2.禽畜舍屋頂

3.營農型

- 屋頂型綠能設施下遮蔽率常在40-50%，甚至有更高的情況，光照不足是作物生產最重要的限制因子 。
- 選耐蔭的多年生根莖類作物，山藥與芋進行試驗。
- 選栽培容易及耐蔭的葉菜類作物，葉用甘藷、蕹菜、福山萵苣進行試驗。

6

材料方法-試驗場域

仁德屋頂式綠能設施
遮蔽率>70%

嘉義分所模擬立柱型綠能設施
遮蔽率=40%

義竹屋頂式綠能設施
遮蔽率=50%

7

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

材料方法-根莖類作物

山藥

- 薯蕷科薯蕷屬的多年生蔓性作物
- 採用高畦架網，並用埋管栽培

(詹庭筑 攝於中埔)

芋

- 天南星科芋屬的多年生作物
- 採用半水旱栽培

(Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Tannia by Harley I. Manner)

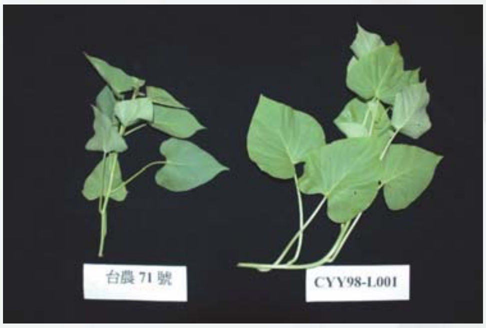
8

材料方法-葉菜類作物

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

葉用甘藷-旋花科甘藷屬

- 台農71號是主要商業品種，莖葉柔嫩無細毛，半直立性。CYY98-L01品系產量高，同樣莖葉柔嫩無細毛葉片較大，介於半直立與匍匐性。使用平畦栽培。



蕹菜-旋花科牽牛花屬

- 竹葉種，植株較小，葉型尖，品質好、產量高，採旱地栽培。

福山萵苣-菊科萵苣屬

- 生長快速，栽培容易，生育期短，口感佳，葉翠綠。

9

結果與討論-山藥

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 屋頂型 106-108年

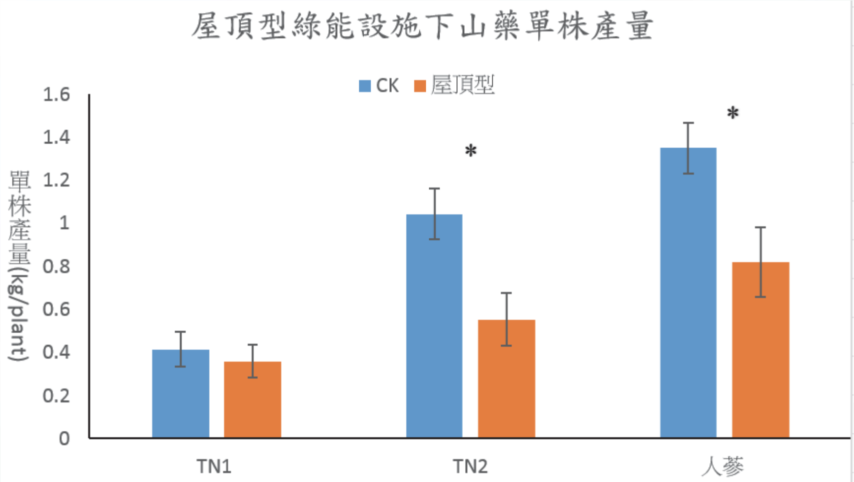
- 立柱型 107-108年

10

結果與討論-山藥

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

- 106-108年屋頂型綠能設施山藥栽培試驗，產量結果如圖，屋頂型下台農2號、人蔘山藥產量低於對照的70%，TN1則不顯著。
- 屋頂型綠能設施中，山藥地上部生長狀況良好，葉片較大，栽培過程遇炭疽病。

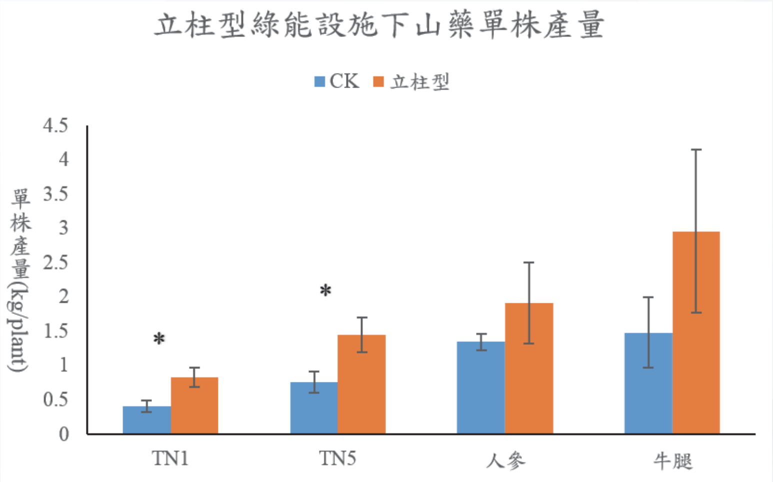


11

結果與討論-山藥

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

- 107-108年立柱型綠能設施下，山藥產量結果如圖，立柱型下之山藥產量較對照高，TN1及TN5產量有顯著上升，牛腿及人蔘山藥平均產量也都有大幅上升，顯示立柱型綠能設施有助於山藥產量的增加，可能是由於一方面山藥是耐蔭作物，適當的遮蔭反而使產量增加，另外因為綠能設施遮蔽風雨的功用，使山藥炭疽病等病害狀況減輕，使產量增加。



12

結果與討論-山藥

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

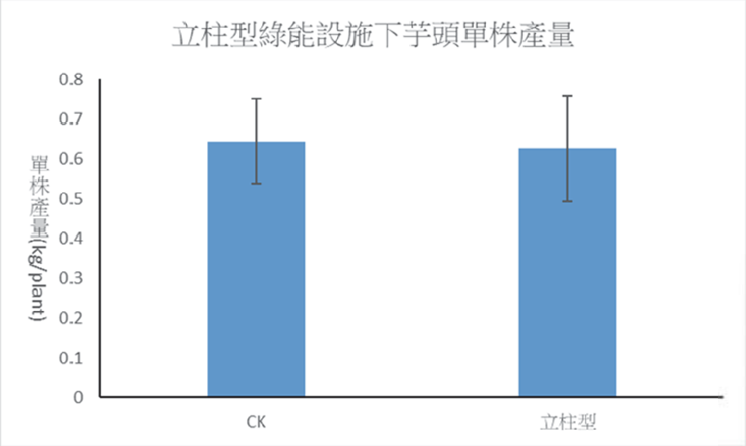
- 山藥栽培於屋頂型及立柱型綠能設施下，地上部生長狀況良好，而對照組及屋頂型炭疽病發生較多。
- 屋頂型下山藥產量未能達到對照組的70%，而立柱型下山藥產量上升，。
- 立柱型綠能設施遮蔽率低，通風性佳且有部分遮蔽風雨的功用，適合山藥栽培，有助於產量增加並減少病害發生。

13

結果與討論-芋

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 106-107年屋頂型綠能設施下，由於生育期間疫病發生嚴重，未能順利收穫。
- 107-108年立柱型綠能設施下，產量結過果如圖，結果顯示與對照組無顯著差異。



14

結果與討論-芋

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 本試驗中屋頂式綠能設施，由於面積小，通風不佳、濕度高，病害發生嚴重，不利芋栽培。但於其他大面積光電案場中，芋栽培較為可行，但由於案場遮蔽率較高，徒長情況較嚴重。
- 立柱式下芋產量與對照組無顯著差異，顯示立柱式綠能設施適合芋的栽培。

(雲林光電案場)

(台南光電案場)

15

結果與討論-葉用甘藷

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 葉用甘藷台農71號在不同遮蔽率的屋頂型綠能設施下，50%的遮蔽率產量能達到對照組的70%以上，而70%以上遮蔽率產量則無法達到70%。

表1、106年不同遮蔽率屋頂型綠能設施下葉用甘藷產量調查

15公分頂芽收穫產量(公斤/公頃)			
試驗場地	義竹光電溫室	仁德光電溫室	嘉義分所
光量比率[A]	50%	35%	0%
第一次收穫	1912.4±197.9 (78.2%)[B]	1111.1±294.0 (45.5%)	2444.4±346.9
第二次收穫	2611.1±336.8 (95.9%)		2722.2±535.8

[A] 光量比率=平均場內光量/平均露天光量*100%
[B] 產量比率=平均試驗場產量/平均露天產量*100%

(仁德案場收穫情況)

16

結果與討論-葉用甘藷

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 50%遮蔽率下，不同月份產量皆在對照組的70%以上，2、3月份產量甚至超過對照組，顯示50%遮蔽率以下之屋頂型綠能設施適合葉用甘藷生產。

表2、107年屋頂型綠能設施下葉用甘藷產量調查結果。

處理	不同月份15公分頂芽產量(公斤/公頃)								
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
義竹屋頂型	2317.4±120.0 (115%)	2472.5±198.2 (122%)	2266.78±152.8 (92%)	2550.0±180.3 (97.5%)	2650.7±259.8 (95.8)	2516.7±251.7 (84%)	1916.7±208.2 (96.7)	2033.3±202.1 (88%)	2566.7±416.3 (87.5)
對照	2015.0±170.3	2033.8±105.4	2450.0±132.3	2616.7±104.1	2766.7±208.2	2996.3±189.3	1981.5±32.1	2311.1±256.3	2933.3±250.4

17

結果與討論-葉用甘藷

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 立柱下的葉用甘藷產量試驗結果如表，產量結果兩個品種系的產量皆達到對照的70%以上，比較屋頂型與立柱型同月份之產量，7、8、10月份立柱立柱型下產量較高，9月則是屋頂型較高。

表3 、葉用甘藷在立柱式營農型綠能農業設施下之產量調查結果(嘉義分所)

品種	處理	不同月份15公分頂芽產量(公斤/公頃)			
		7月	8月	9月	10月
台農71號	立柱型	2916.0±363.2 (97.3%)	2111.1±111.1 (99.%)	2166.7±200.5 (83.2%)	2620.4±322.0 (95.8%)
	對　照	2996.3±189.3	1981.5±32.1	2311.1±256.3	2933.3±250.4
CYYL01	立柱型	3148.1±210.3 (95.8%)	2118.5±281.4 (95.8)	2603.7±138.9 (95.8)	2759.3±315.9 (95%)
	對　照	3396.3±138.9	2403.7±424.6	2801.9±118.7	2888.9±111.1

18

結果與討論-葉用甘藷

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 試驗結果，葉用甘藷顯然為耐蔭的葉菜類作物，在50%遮蔽率時仍然能夠正常生產，有部分徒長現象，但是70%遮蔽率以上，產量明顯下降，無法達到對照的70%。
- 屋頂型綠能設施有遮蔽風雨及保溫的功用，在遇8月豪雨及冬季低溫時，產量表現較立柱式佳。
- 綠能設施下，葉用甘藷有部分徒長，但產量影響小，且莖葉柔嫩，食用品質佳。

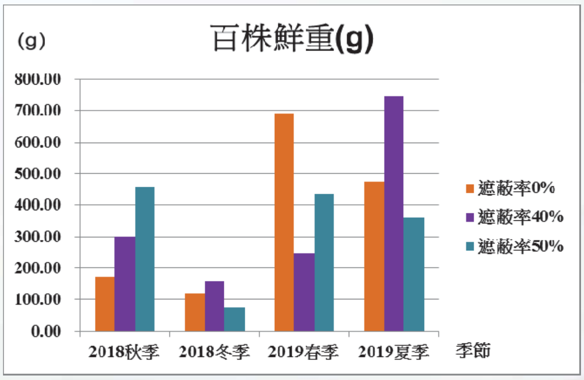
19

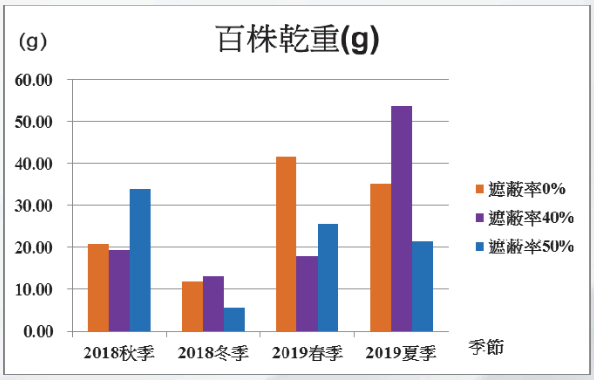
結果與討論-蕹菜種植產量評估

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 蕹菜於夏季與秋季在遮蔭率40%與50%光電綠能設施下種植28天，皆有達到一般日照環境下的70%產量。在冬季產量較少，春季在光電綠能設施下種植未達一般產量的70%。

試驗場地	全日照田區				模擬立柱光電案場				屋頂式光電案場			
光遮蔽率(%)	0%				40%				50%			
栽種季節	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季
百株鮮重(g)	173.04 (100%)	120.73 (100%)	692.05 (100%)	474.95 (100%)	300.68 (174%)	156.08 (129%)	246.89 (36%)	745.85 (157%)	457.7 (265%)	76.75 (64%)	436.06 (63%)	360.80 (76%)





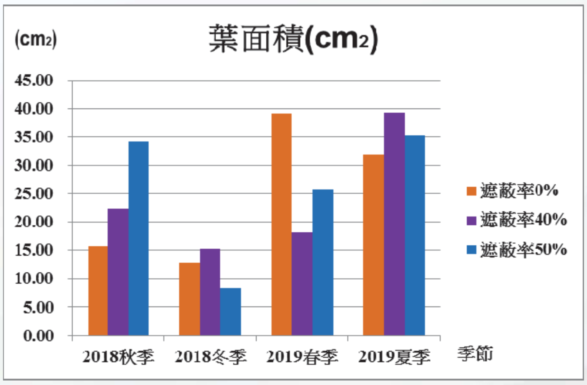
20

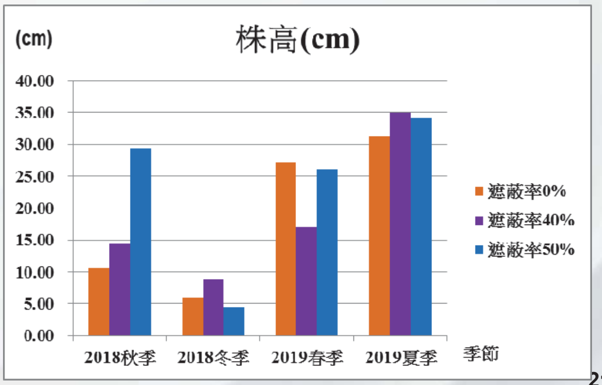
光電綠能設施蕹菜種植型態調查

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

- 蕹菜於夏季與秋季在遮蔭率40%與50%光電綠能設施下種植28天，植株的葉片面積比一般日照環境下的植株葉面積較大，株高也較高，可見植株生長量較大的情形。

試驗場地	全日照田區				模擬立柱光電案場				屋頂式光電案場			
光遮蔽率(%)	0%				40%				50%			
栽種季節	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季
葉面積(cm^2)	15.77 (100%)	12.82 (100%)	39.17 (100%)	31.88 (100%)	22.29 (141%)	15.28 (119%)	18.27 (47%)	39.32 (123%)	34.26 (217%)	8.31 (65%)	25.76 (66%)	35.34 (111%)





21

結果與討論-蕹菜

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

- 蕹菜種植在遮蔽率40%光電綠能設施下的試驗調查結果顯示，秋季與夏季的產量皆有達一般日照栽培的70%，在夏季葉菜類生產較少的季節，可以提供夏季蔬菜種植的另一項選擇。

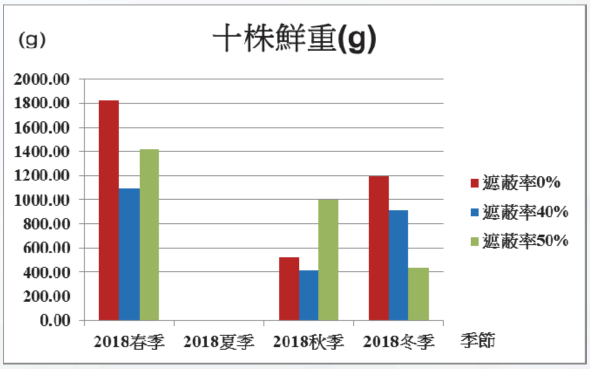
22

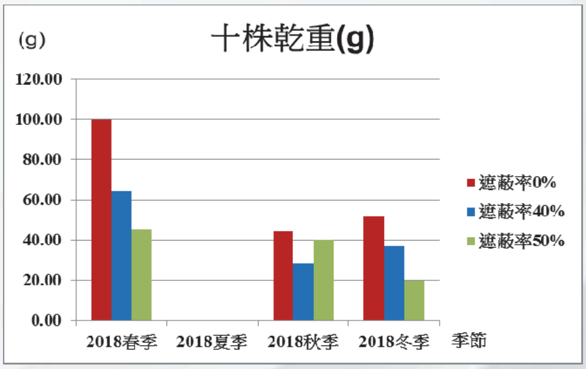
結果與討論-萵苣產量評估

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 福山萵苣於秋季與冬季在遮蔭率40%下種植40天可達到一般日照環境下的70%產量，在遮蔭率50%下春季與秋季的產量可達日照栽培的70%產量。夏季因下雨淹水未有收成。

試驗場地	全日照田區				模擬立柱光電案場				屋頂式光電案場			
光遮蔽率(%)	0%				40%				50%			
栽種季節	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
十株鮮重(g)	1826.6 (100%)	-	520.7 (100%)	1196.5 (100%)	1093.9 (60%)	-	410.7 (79%)	911.5 (76%)	1424.9 (78%)	-	998.3 (192%)	437.8 (37%)





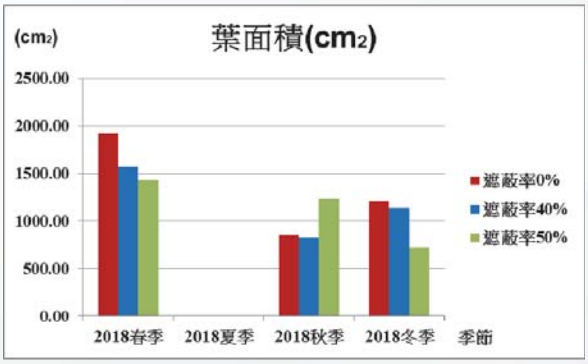
23

結果與討論-福山萵苣型態調查

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 福山萵苣於在遮蔭率40%光電綠能設施下種植40天，植株葉面積與一般日照環境下的差異並不大，在遮蔭率50%下秋季的的葉面積有較大的生長量，植株高度也有同樣的趨勢。

試驗場地	全日照田區				模擬立柱光電案場				屋頂式光電案場			
光遮蔽率(%)	0%				40%				50%			
栽種季節	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
葉面積(cm^2)	1925.5 (100%)	-	844.7 (100%)	1212.6 (100%)	1571.5 (82%)	-	818.1 (97%)	1139.0 (94%)	1422.6 (74%)	-	1236.9 (146%)	715.2 (59%)



24

結果與討論-福山萵苣

- 福山萵苣種植在遮蔽率40%光電綠能設施下的試驗調查結果顯示，秋季的產量皆有達一般日照栽培的70%，但是在夏季高溫多雨的季節，福山萵苣作為夏季蔬菜生產較不穩定。

討論

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

- 綠能設施下進行山藥栽培時，地上部生長良好，屋頂型遮蔽率較高，會有徒長情況，葉片較大。產量會顯著降低，不易達到對照組的70%。
- 立柱型綠能設施下之光照程度及微氣象，有助於山藥生產並減少病害，產量顯著增加。
- 屋頂型下，可能因設施內通風不佳及濕度高，病害發生機率高，不適芋栽培。
- 立柱型下芋產量與對照組無顯著差異，顯示立柱型下之光照情況可以生產芋。

- 葉用甘藷為適合綠能設施下栽培之葉菜類作物，遮蔽率40-50%時，產量接近於對照組，遇冬季低溫時或豪雨時，設施有助生產。
- 蕹菜生產在綠能設施下，葉面積較大，株高也較高，產量表現隨著季節而有很大的差異，屋頂型於冬季及春季，產量低於對照70%，可能由於屋頂型日照較不足，秋季產量為試驗中最高，適合栽培季節為夏季到秋季。立柱型夏、秋、冬季產量表現優良，產量超過對照組，春季低於對照70%，適合栽培季節為夏季到冬季。
- 福山萵苣生產在綠能設施下，葉面積較大，產量表現同樣隨著季節而有很大的差異，而夏季淹水均無法生產，而秋季有較好的表現。

感謝聆聽 敬請指教

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

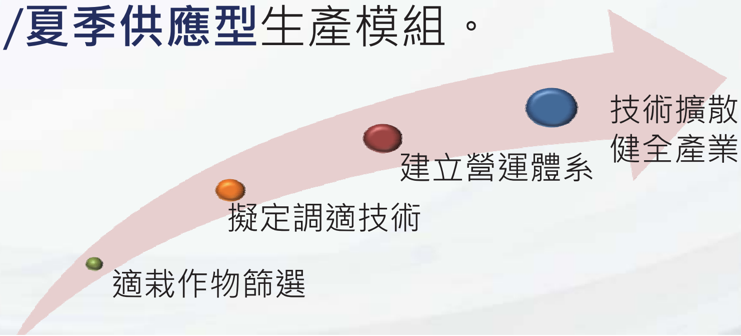
屋頂式營農型綠能農業設施下
葉菜類生產評估

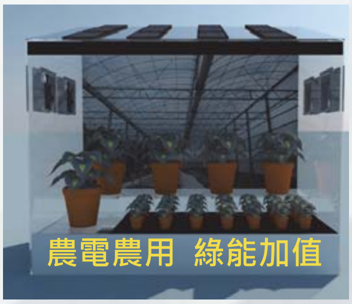
Evaluation of Leafy Vegetables Production under Straight-line Pattern of Roofy Type Agricultural Photovoltaic Facility

主講者：蕭巧玲*　楊純明
林瑋庭　顏惠姿
李美冠
機關(構)/單位: 行政院農業委員會
農業試驗所作物組

研究目的及策略

- **營農型綠能農業設施**隨著太陽能板附屬於溫室上方之配置方式不同，形成各式各樣的農電共生設施案場，影響設施內部**光環境及整體微氣象環**境的千變萬化，於是**牽動設施內作物生長及生產**的優劣。
- 建立屋頂式營農型綠能農業設施適用之作物整合栽培模組，瞭解設施內光環境及作物生產生長之變化，評估此等環境下**適栽作物達原產量7成之潛能**。
- 依立地條件改進、調整農耕栽培技術，創建**反季節**/**輪作**/**夏季供應型**生產模組。

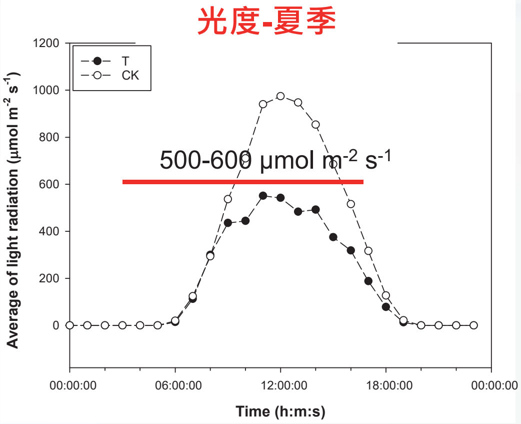


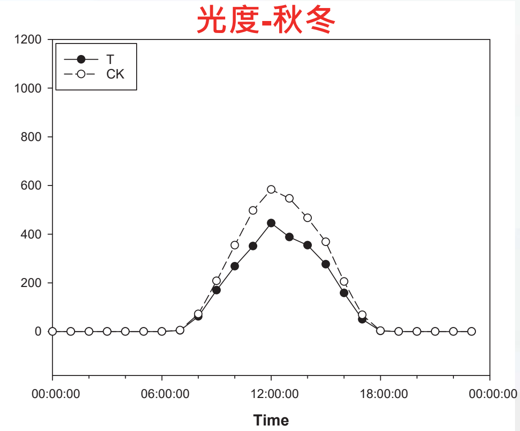


2

模擬示範場域

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



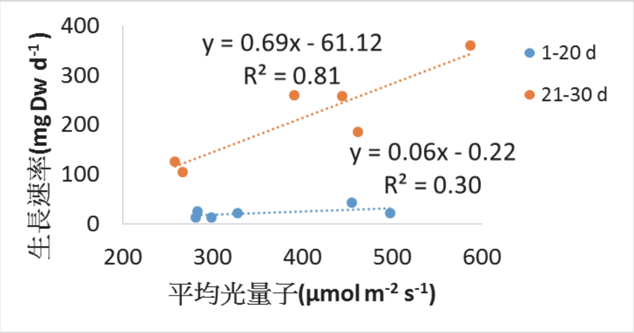


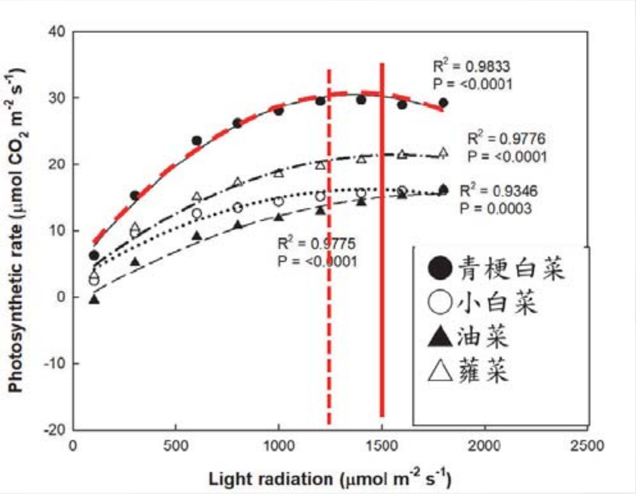
- 50%遮蔽率模擬設施
- 東西向、屋頂行陣式
- 水平栽植床架
- 青梗白菜、小白菜、蘿菜、油菜、青蔥

3

葉菜類光飽和點及生長速率變化

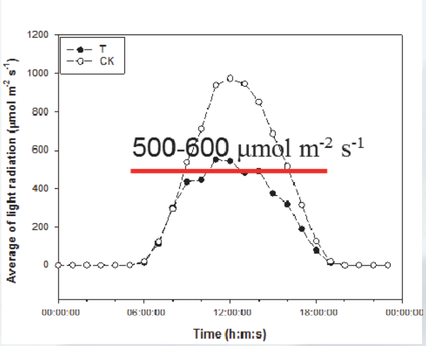
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會





➤ 4種葉菜類最佳光飽和點

- 青梗白菜約1200 μmol m^{-2} s^{-1}
- 小白菜、蘿菜約1,200~1,500 μmol m^{-2} s^{-1}
- 油菜約1,600 μmol m^{-2} s^{-1}

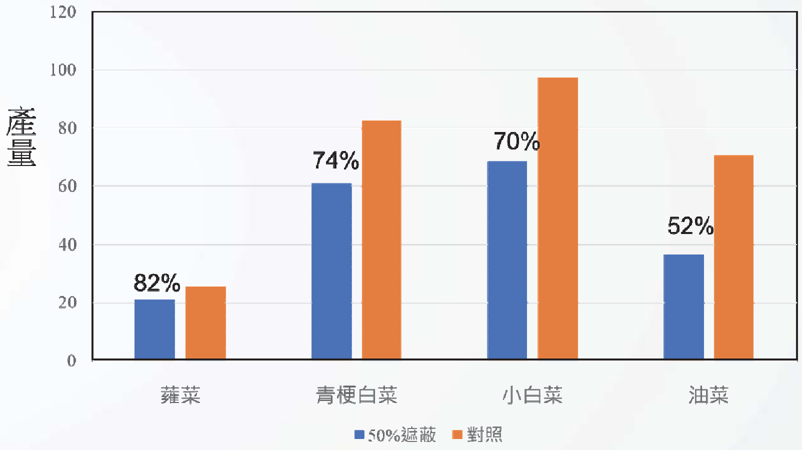


4

遮蔽情境下對葉菜類產量之影響

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 容許條例訂定40%遮蔽率下之產量應為慣行之7成以上



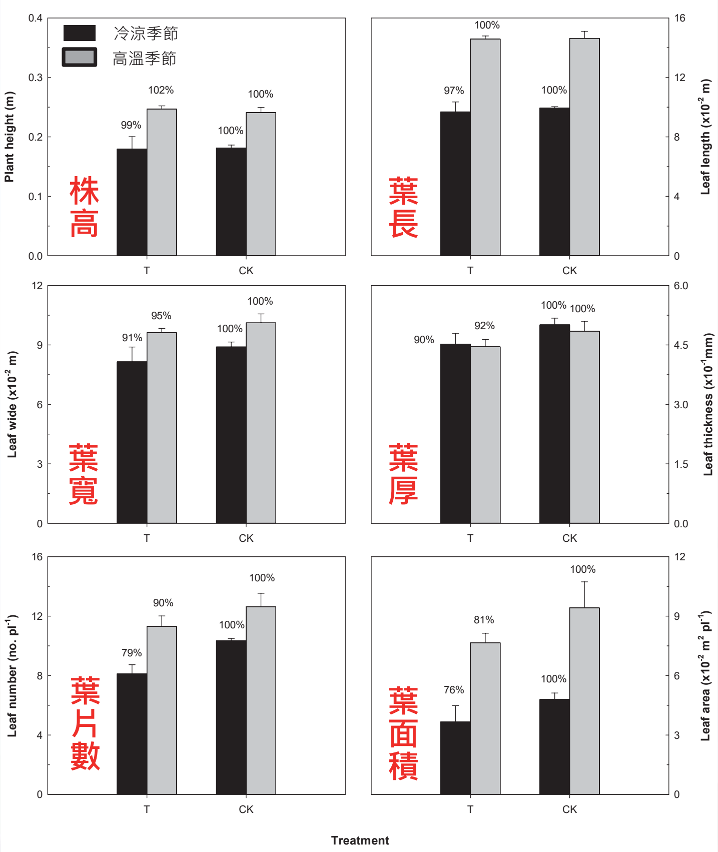
- 產量達7成
  - 青梗白菜、小白菜、蕹菜
- 產量達5成
  - 油菜

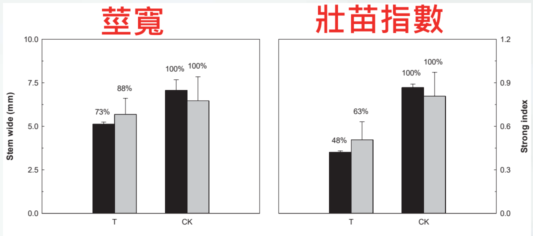
- 遮蔽情形明顯造成株型較小，葉數、葉面積及鮮重等性狀較對照組無遮蔽環境之測值較低

5

遮蔽情境下對葉菜類生長之影響

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會





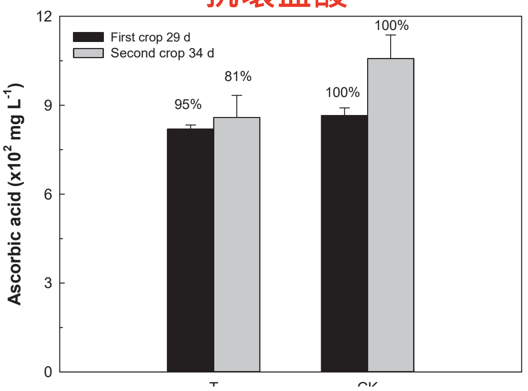
- 50%遮蔽率下，除了產量外，**葉片數**、**葉面積**、**莖寬**損失程度較其它生長性狀大。
- **高溫**會加大表型徵狀的差異性。

6

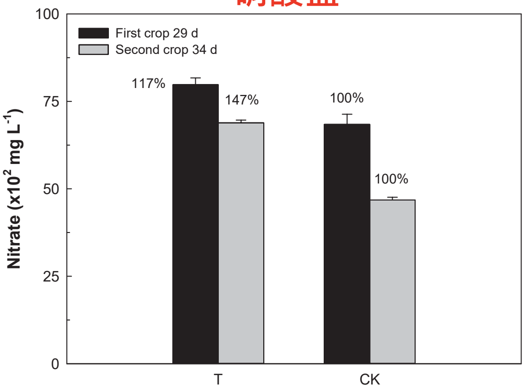
遮蔽環境對葉菜類品質之影響

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

抗壞血酸



硝酸鹽



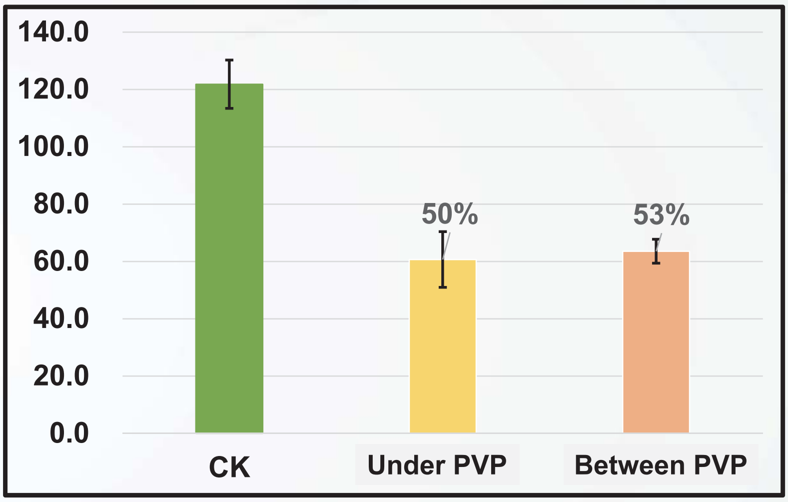
葉菜類官能品評-春季

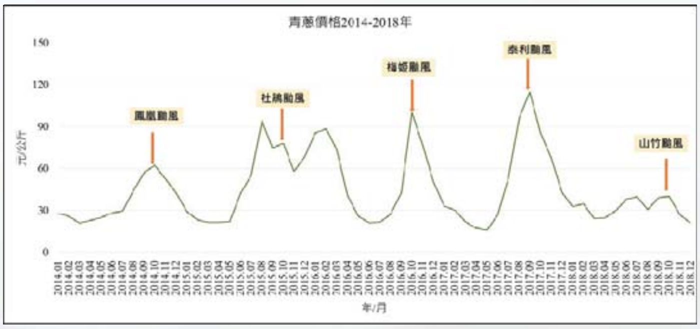
- **50% 遮 蔽 率 下 ， 硝 酸 鹽 增 加 17%-47%、抗壞血酸降低5%-11%**
- 太陽能板下之葉菜類之青味、澀味、脆度高於露天對照組，甜味較低於露天對照組

7

遮蔽環境對青蔥產量之影響

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會



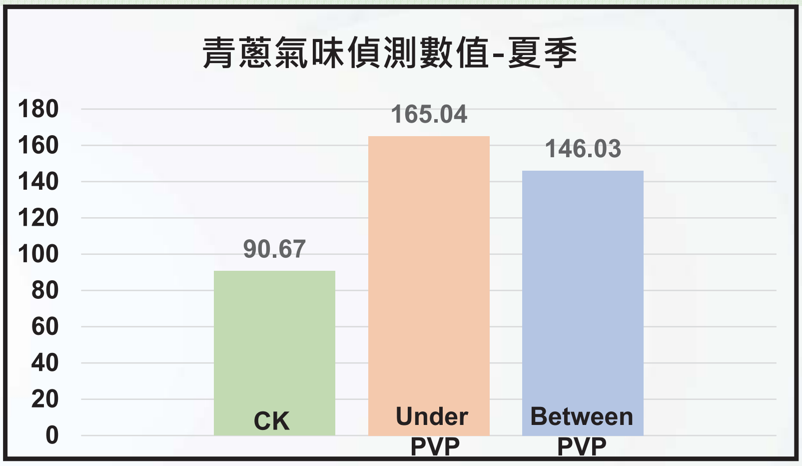


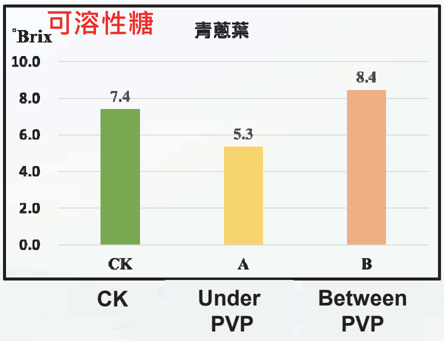
- 在50%遮蔽率環境下，青蔥生育中期之產量低於7成，仍待後續收獲階段產量評估
- 待評估是否可為夏季供應型潛力作物，搭配強固型溫室，可減少成為災損作物

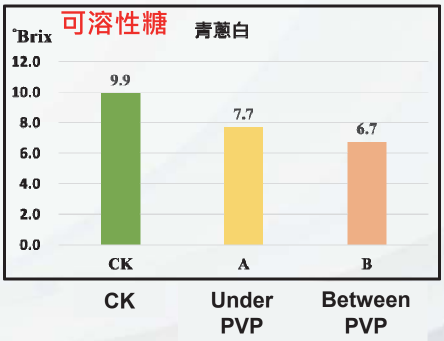
8

遮蔽環境對青蔥品質之影響

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會







- 青蔥氣味於遮蔽環境下高於對照組
- 青蔥葉和青蔥白之可溶性糖於50%遮蔽率下互有消長

9

結語

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 遮蔽狀態所造成之低光強度現象會直接影響作物光合作用，進而降低作物產量表現。
- 現行農電共生強調在產量須達慣行之7成以上，葉菜類之青梗白菜、小白菜及蕹菜可達此標準，唯品質是法規面以外潛藏隱憂。
- 在遮蔽環境下，青蔥葉可溶性糖及氣味強度高於對照組，仍待後續產量表現，以評估是否可為夏季供應型潛力作物，藉以訴求生產特色。

10

農電共生-以農為本、綠電加值

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

綠電自用
餘電售出

有機農業
友善環境農業
智能農業
品牌農業

11

屋頂式營農型綠能農業設施下葉菜類生產評估

蕭巧玲 clhsiao@tari.gov.tw

感謝聆聽　敬請指正

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

行政院農業委員會
農業試驗所 Taiwan Agricultural Research Institute
Council of Agriculture, Executive Yuan

追日營農型綠能農業設施下萵苣栽培評估

Evaluation of Lettuce Cultivation under Sun-chasing PVP in Central Taiwan

主講者：陳葦玲

機關(構)/單位：行政院農業委員會
臺中區農業改良場作物改良課
chenwl@tdais.gov.tw

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

計畫目標

- 進行中部地區追日型太陽能板下周年栽培萵苣之植株生育、產量、品質及氣象資料調查，提供營農型光電綠能農業設施下栽培作物之選項及生產質量參考。

表1. 不同作物增加1%光照度及10%散射光可提升總產量之比較

Crop	% Yield increase	Crop	% yield increase
Lettuce	0.8	Tomato	2.5-3.5
Radish	1	Tomato winter artif. light	1.1
Cucumber	0.7–1	Cucumber	2.7-4.8
Tomato	0.7–1	Cucumber winter	2.5
Rose	0.8–1	Rose	1.7
Chrysanthemum	0.6	Diverse potplants Increase growth and development	7-9%
Pointsettia	0.5–0.7		
Ficus benjamina	0.6		

1% light intensity　　10% diffused light

(Hemming, 2017)

2

場域位置

- 臺中區農業改良場試驗田區(lat. 24°08 N, long. 120°32 E)
- 追日型太陽能光電板，單晶矽、市電併聯型太陽能發電系統
- 架高 4.5 m、座間距 9.3 m、單軸、東西向追日
- 太陽能板長 14 m、寬 4.2 m (2片式 2行列排列)、4kWh
- 風速大於 17m/sec及照度小於 30,000 Lux時，面板恢復到水平狀態 2小時

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

- 107年總發電量74,496kWh，平均年發電量 328.5kWh．m^{-2}．y^{-1}
- 較固定式發電量增加15~20%

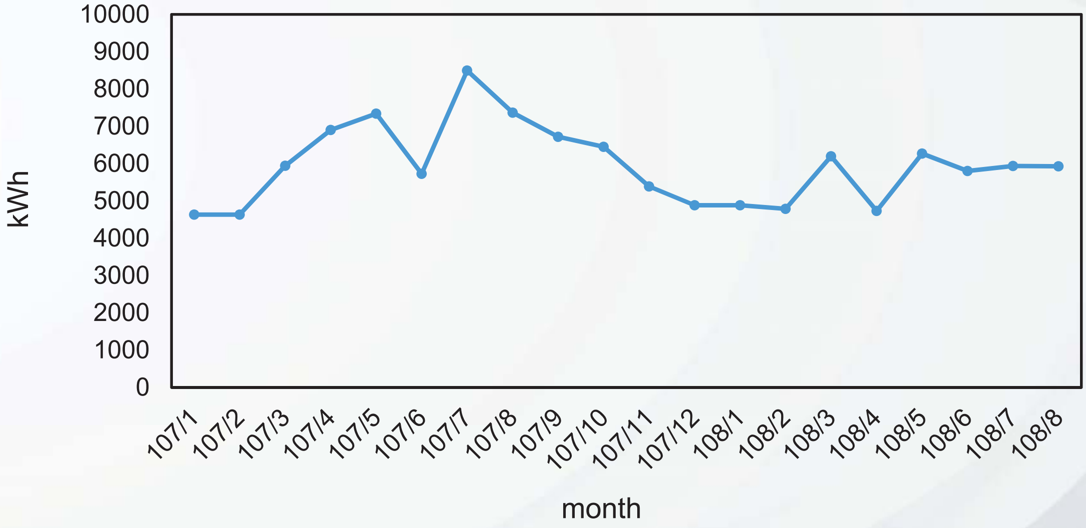
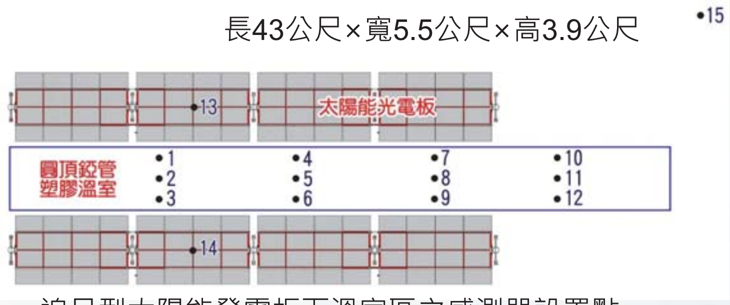


圖1. 107年1月至108年8月台中區農業改良場追日型太陽能板試驗場域發電量變化

102-設施瓜類及葉菜評估

太陽能板之間搭設簡易溫室，並安裝環境監測感測器，導入反光資材及蔬菜栽培模式，調查作物生育與產量表現。



追日型太陽能發電板下溫室區之感測器設置點

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表2. 東方甜瓜‘嘉玉’於太陽能設施栽種之生育表現

種植區段	果重 (g)	果肉重 (g)	果肉厚 (cm)	糖度 (°Brix)
前段	335.7 b [z]	273.1 b	1.67 b	11.9 b
中段	375.6 ab	288.1 b	1.79 b	12.3 b
後段	360.7 b	277.2 b	1.62 b	12.2 b
對照	447.4 a	359.9 a	1.87 a	13.7 a

[z] Mean separation within columns by Fisher's LSD test at *P*≦0.05.
[y] 102年6月27日種植

表3. 網紋洋香瓜‘美華’於太陽能設施栽種之生育表現

種植區段	果重 (g)	果肉量(g)	果肉厚 (cm)	糖度 (°Brix)
前段	1709.2 b	1595.6 b	3.5 a	12.7±0.5
中段	1696.4 b	1595.1 b	3.6 a	12.9±0.5
後段	1731.4 b	1618.3 b	3.6 a	12.3±1.0
對照	1948.4 a	1829.5 a	3.8 a	13.2±0.7

[z] Mean separation within columns by Fisher's LSD test at *P*≦0.05.
[y] 102年6月27日種植

表4. 小白菜於太陽能設施栽種之生育表現

種植區段	株高 (cm)	株鮮重 (g)	葉片數 (No.)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)
前段	29.6 ab	72.7 ab	7.1 a	30.5 a	18.7 a
中段	31.6 a	78.7 a	6.5 a	32.4 a	19.7 a
後段	30.2 ab	80.4 a	6.9 a	30.7 a	18.7 a
對照	27.6 b	68.9 b	6.7 a	28.8 a	17.8 a

[z] Mean separation within columns by Fisher's LSD test at $P \leqq 0.05$.
[y] 102年9月17日種植

7

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

108-萵苣周年栽培評估

- 試驗期間: Feb.~Dec., 2019，共四期作
- 試驗品種：結球萵苣'常力6號'及半結球萵苣'桃源 '
- 環境數據調查：溫度、光輻射強度、相對溼度…
- 植株生育調查：株高、株幅、單株重、產量 …
- 品質調查：葉綠素、TSS、Vit. C、纖維、硝酸鹽、營養元素…
- 試驗設計：完全逢機設計(CRD)、三重複

萵苣周年栽培評估試驗期程

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
結球萵苣												
半結球萵苣												

8

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

表5.追日型太陽能板下結球萵苣'常利6號'生育表現及產量

Treatment	Yield (kg．m²)	Head weight (g)	Head width (cm)	Head height (cm)	Head shape ratio
CK	2.08 a	620.6 a	14.9 a	13.2 a	0.89 a
PVP 1	1.91 ab	599.7 ab	14.9 a	13.8 a	0.92 a
PVP 2	1.78 b	588.3 b	15.0 a	13.8 a	0.93 a

z Different letters indicate significant differences between treatments by Fisher's LSD test.
Trail were conducted from 1 Feb. to 1 April, 2019

表6. 追日型太陽能板下結球萵苣'常利6號'品質

Treatment	SPAD-502 value	TSSC[y] (°Brix)	Vit. C content (ppm)	Nitrate content (ppm)	CFC (%)	Tightness[x]	Browning rate (%)
CK	15.3a[z]	3.12 a	19.2 b	1748.2 b	25.8 a	2.77 a	63.3 a
PVP 1	15.1 a	2.57 b	29.3 a	1983.3 a	24.0 a	2.10 b	53.3 a
PVP 2	14.5 a	2.56 b	24.7 a	1776.7 b	23.7 a	2.26 b	63.3 a

z Different letters indicate significant differences between genotypes by Fisher's LSD test at $P \leq 0.05$.
y TSSC= total soluble solid content; CFC = crude fiber content.
x Tightness ratings were made based on a 1 to 3 scale, in which 1 = loosen, 3 = solid.
Trail were conducted from 1 Feb. to 1 April, 2019

圖2.春作追日型太陽能板下結球萵苣'常利6號'生育情形

表7. 追日型太陽能板下半結球萵苣'桃源'產量及植株外觀

Treatment	Yield (kg . m2)	Head weight (g)	Head width (cm)	Head height (cm)	Head shape ratio
CK	1.01 b[z]	108.4 b	14.9 b	19.7 a	1.24 ab
PVP 1	1.23 ab	123.9 ab	19.4 a	21.0 a	1.10 b
PVP 2	1.28 a	133.4 a	16.9 ab	20.1 a	1.34 a

[z] Different letters indicate significant differences between genotypes by Fisher's LSD test at $P \leq 0.05$
Trail was conducted from 26 April to 26 May, 2019.

表8. 追日型太陽能板下半結球萵苣'桃源'品質

Treatment	SPAD-502 value	TSSC[y] (°Brix)	Vit. C content (ppm)	Nitrate content (ppm)	CFC (%)	Browning rate (%)
CK	23.6 a	3.05 a	101.5 a	2316.7 b	13.6 a	0.0 a
PVP 1	26.9 a	2.77 b	105.2 a	2893.3 a	10.6 b	0.0 a
PVP 2	25.4 a	2.88 ab	102.3 a	2730.0 a	11.5 b	0.0 a

[z] Different letters indicate significant differences between genotypes by Fisher's least significant difference at $P \leq 0.05$.
[y] TSSC=total soluble solid content; CFC = crude fiber content.
Trail was conducted from 26 April to 26 May, 2019.

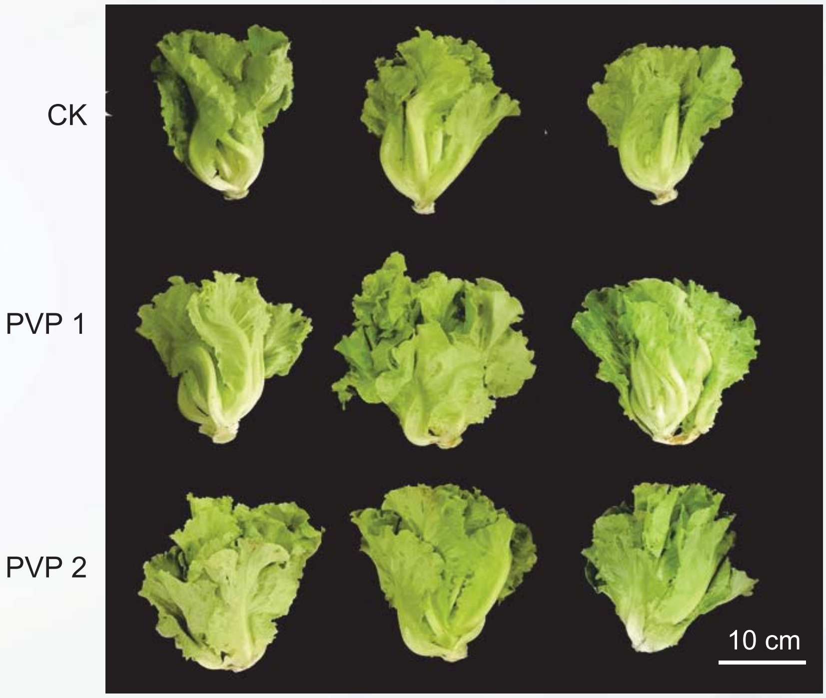


圖3. 春作追日型太陽能板下半結球萵苣'桃源'生育情形

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

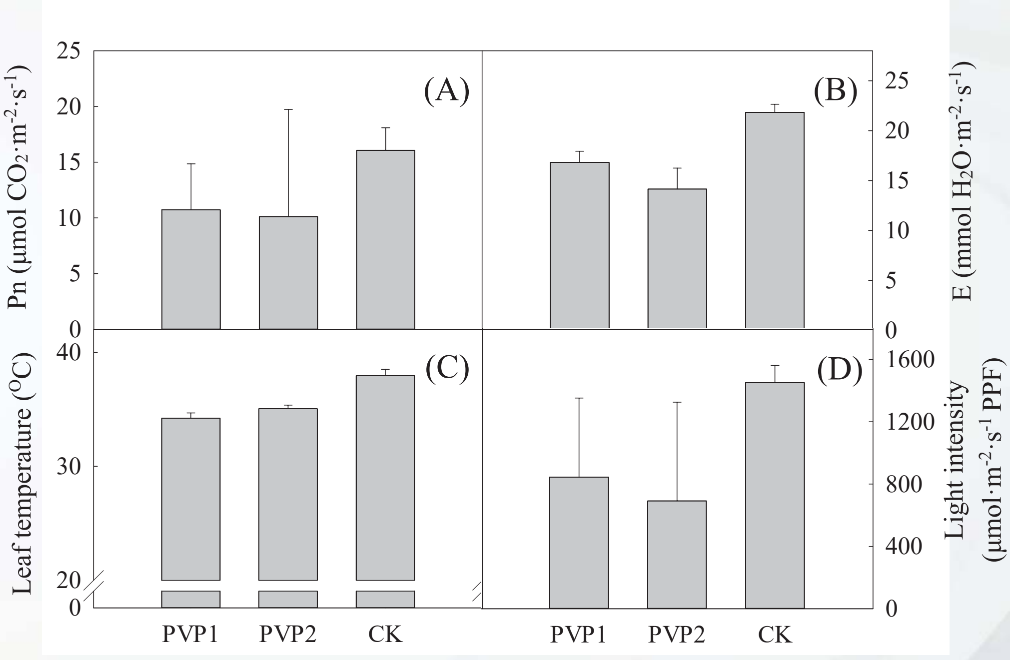
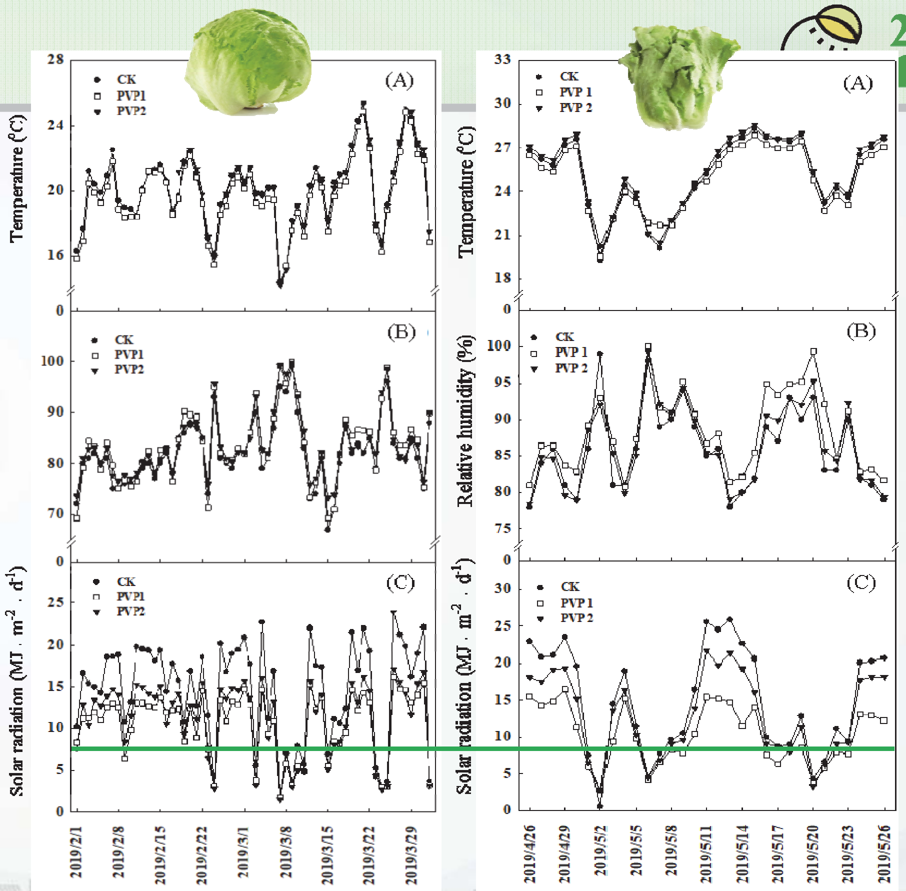


圖4. 追日型太陽能板下夏作半結球萵苣'桃源'光合作用率(A)、蒸散速率(B)、葉片溫度(C)及光照度比較

Fig4. Comparison of photosynthetic rate, Pn (A), transpiration rate, E (B), leaf temperature (C), and light intensity (D) of semi-head lettuce cultivated under sun-tracking solars panel. Trail were conducted from 8 Aug. to 8 Sep., 2019.

20 19 光電綠能設施之農地利用成果發表會



- 溫度及RH大致上無顯著差異
- PVP1溫度略低，RH較高

結球萵苣栽培期累DLI
C　K : 789.7 MJ
PVP1 : 629.7 MJ
PVP2 : 679.9 MJ
Required: 413 MJ

半結球萵苣栽培期累DLI
C　K : 462.5 MJ
PVP1 : 318.7 MJ
PVP2 : 400.1 MJ
Required: 224 MJ

結球萵苣 DLI
12~14 mole.m^{-2} .day^{-1}
=6~7 MJ.m^{-2}.day^{-1}

圖5. 試驗期間追日型太陽能板下日平均溫度(A)、相對濕度(B)及累積光輻射量(C)變化

15

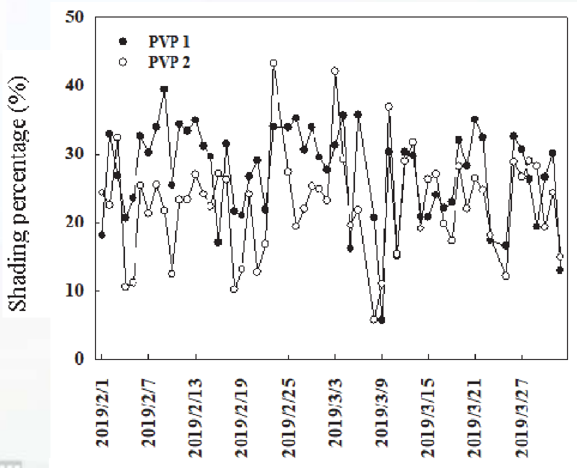
20 19 光電綠能設施之農地利用成果發表會

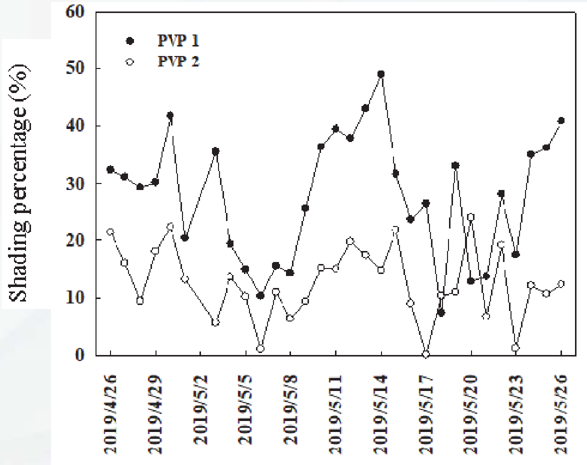
結球萵苣栽培期每日DLI不足量累積(58天)
C　K : -27.92 MJ
PVP1 : -35.49 MJ
PVP2 : -38.49 MJ

結球萵苣栽培期每日DLI不足量累積(30天)
C　K : -6.76 MJ
PVP1 : -13.57 MJ
PVP2 : -11.61 MJ

- PVP1 DLI減少：15~40%
- PVP2 DLI減少：8~43%

- PVP1 DLI減少：8~50%
- PVP2 DLI減少：0~23%





16

17

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

屋頂式營農型綠能農業設施下果菜類蔬菜生產及輪作系統建構

Cucurbit Production under Straight-line Pattern Roofy Type Agricultural Photovoltaic Facility and Its Rotation Systems

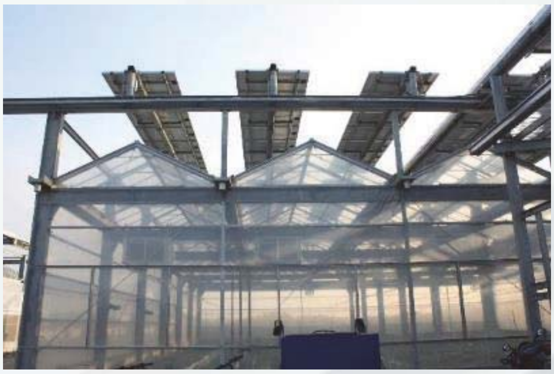
主講者：黃祥益* 朱雅玲 施純堅

機關(構)/單位：行政院農業委員會
高雄區農業改良場

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

擬解決問題

- 2013年起開放農地種電，期望農業與太陽能發展結合，提高農民收益，節省休耕補助經費，並有助於農地多元利用及太陽能設施群聚發展。
- 太陽能設施下日照不足使作物生長不佳，且業者欠缺作物栽培技術，最終放棄種植以減少損失。
- 藉本研究提供綠電業者及農民在建廠前的先期規劃參考，避免無謂投資及損失。



2

試驗構想及目標

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

- 高屏地區農地太陽能光電場設置比率高
- 高屏地區為重要瓜果類蔬菜重要產地

⇨

- 太陽能光電設施下環境調查評估
- 不同作物於不同遮蔽率下生育調查

⇨

- 適合於太陽能光電設施生產瓜果類作物及最高遮蔽率
- 適合太陽能光電設施環境下瓜果類蔬菜之栽培管理模式

⇨

- 提供行政單位訂定太陽能發電設施遮蔽率的參考數據
- 提供光電業者搭建設施及栽培作物的建議
- 建立適合太陽能板下設施瓜類蔬菜的生產模式，落實光電結合農業提高農民收益的最初目的

3

預期目標

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

- 評估不同遮蔽率太陽能光電板對瓜果類蔬菜生育之影響，篩選出適合農電設施生產之瓜類作物種類，並建立栽培管理技術。
- 由適合太陽能光電設施下溫網室生產之瓜類作物，進一步篩選適合之品種。
- 評估不同瓜類作物在太陽能農電設施下適合之栽培期作。
- 建立適合之輪作系統，以期望可永續經營。

4

工作項目

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 不同太陽能光電板遮蔽率對設施內瓜果類蔬菜生育之影響

  模擬30、40及50%太陽能光電板遮蔽率環境下種植東方甜瓜、小胡瓜、絲瓜、苦瓜、稜角絲瓜及南瓜等6種瓜果類蔬菜。

- 適合太陽能光電設施下適合與瓜果類蔬菜輪作作物篩選

  分別以30%、40%、50%太陽能板遮蔽率之處理，並以無太陽能板生產環境為對照，於夏作評估其對短期葉菜類蔬菜生育及對品質產量之影響，據以篩選出較適合太陽能光電設施下之

- 太陽能光電設施瓜類作物輪作模式規劃

  依據模擬設施下瓜類及葉菜類蔬菜試驗結果，規劃適合高屏地區屋頂式農電設施生產之輪作系統。

5

工作項目-1

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 不同太陽能光電板遮蔽率對設施內瓜果類蔬菜生育之影響

1. 模擬30、40及50%太陽能光電板遮蔽率環境下種植東方甜瓜、小胡瓜、絲瓜、苦瓜、稜角絲瓜及南瓜等6種瓜果類蔬菜。
2. 評估6種瓜果類蔬菜在不同遮蔽率處理下生育情形。
3. 評估6種瓜果類蔬菜太陽光電設施下可達當地平均產量70%的期作及遮蔽率。
4. 期程：

年度	106	106	107
期作	夏作	秋作	秋冬作
作物	東方甜瓜(銀輝) 小胡瓜(夏美)	稜角絲瓜 (澎湖1號)	絲瓜(高雄1號) 苦瓜(日貴) 南瓜(木瓜型)

6

106年試驗結果

1. 夏作於30%太陽能板遮蔽率下6種瓜果類蔬菜有東方甜瓜及小胡瓜之產量可達正常環境產量之70%。
2. 東方甜瓜於40%太陽能板遮蔽率亦可達正常環境產量之70%。
3. 稜角絲瓜於秋作30%太陽能板遮蔽率下與對照處理相近，差異不顯著。

7

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表1.不同太陽能光電板遮蔽率下小胡瓜之生育及果實性狀表現(106年夏作)

遮蔽率處理	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	節間長 (cm)	葉綠素指數	單果重 (g)	果高 (mm)	果寬 (mm)	果肉厚 (mm)	總可溶性固形物 (°Brix)	產量 (kg/0.1ha)	產量比率
30%	18.0	17.5	30.0	73.7	95.4	18.6	25.4	8.6	3.7	1,042.6	80.3
40%	20.0	20.5	30.0	67.0	84.6	18.3	23.7	8.4	3.8	698.1	53.8
50%	21.0	19.5	30.0	67.6	81.9	18.0	24.0	8.1	3.8	866.7	66.8
CK	17.5	17.5	34.0	68.6	95.3	18.5	25.7	8.6	3.8	1,298.1	100.0
$LSD_{0.05}$	0.9	1.0	2.5	7.6	31.6	2.0	2.7	1.0	0.3	244.0	--

*定植日期為106年8月9日，106年9月29日至10月30日採收。

8

表2.不同太陽能光電板遮蔽率下東方甜瓜之生育及果實性狀表現(106年夏作)

遮蔽率處理	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	節間長 (cm)	葉綠素指數	單果重 (g)	果高 (mm)	果寬 (mm)	果肉厚 (mm)	總可溶性固形物 (°Brix)	產量 (kg/0.1ha)	產量比率
30%	16.3	16.1	29.8	60.4	305.0	75.3	83.2	15.6	14.3	1,386.4	94.1
40%	14.2	14.1	28.3	57.2	306.9	76.0	85.6	14.5	13.6	1,394.9	94.6
50%	14.2	14.5	27.8	44.3	235.0	67.9	76.6	14.9	11.9	1,068.3	72.5
CK	15.8	16.2	28.0	51.4	324.3	75.8	86.4	17.1	13.5	1,473.9	100.0
$LSD_{0.05}$	2.6	2.3	1.7	13.1	74.3	5.5	6.6	2.7	2.6	337.7	--

*定植日期為106年8月9日，106年9月29日至10月30日採收。

9

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表3.不同太陽能光電板遮蔽率下稜角絲瓜之生育及果實性狀表現(106年秋作)

遮陰處理	始花日數 (Days)	始花節位 (Node No.)	果重 (g)	總產量 (t/ha)	產量比率
30%	44.3	25.4	385.2	18.0	98.9
40%	50.0	27.7	331.6	11.9	65.4
50%	54.8	30.5	374.6	8.2	45.1
CK	46.5	24.5	409.5	18.2	100.0
$LSD_{0.05}$	2.0	2.5	50.4	2.3	--

*育苗日期為106年9月1日，定植日期為9月15日。

10

20光電綠能設施之19農地利用成果發表會

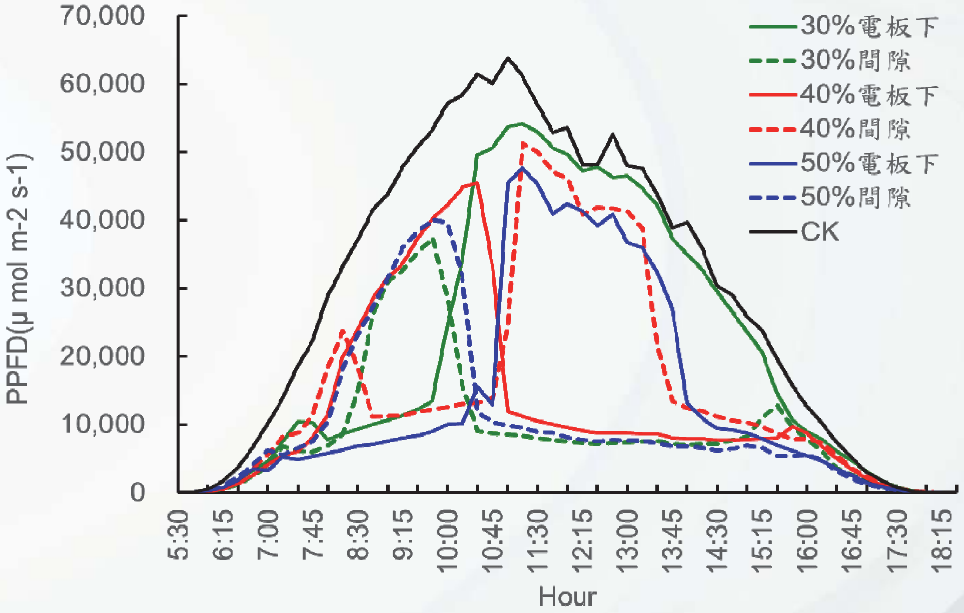


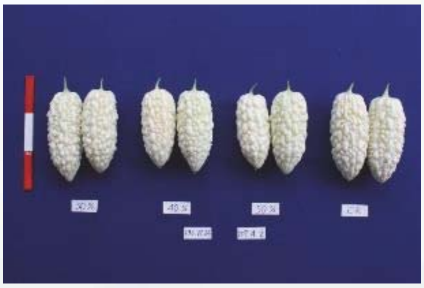
圖1.不同太陽能電板遮蔽率下每日平均光合作用光子通量密度變化(8月9日至10月30日)

11

107年試驗結果

20光電綠能設施之19農地利用成果發表會

1. 苦瓜於106/11/24定植，107/3/2~5/9採收。30%遮蔽率下苦瓜產量為2,049 Kg/0.1ha，為對照處理2,775 Kg/0.1ha的73.9%，而40%及50%遮蔽率處理之產量均未達對照處理的70%。
2. 絲瓜於106/12/13定植，107/3/21～5/月3採收。三種遮蔽率處理的絲瓜產量均低於對照處理4,065 Kg/0.1ha的70%。
3. 秋作南瓜於30%及40%遮蔽率下產量分別為對照處理之104.9%及89.8%。



12

107年秋冬作

2020光電綠能設施之農地利用成果發表會

表4. 不同太陽能板遮蔽率下苦瓜果實性狀及產量表現

處理	單果重 (g)	果長 (cm)	果寬 (cm)	果肉厚 (mm)	產量 (Kg/0.1ha)	比率 (%)
30%	516.6	19.8	8.6	17.2	2,049	73.8
40%	476.5	18.8	8.0	16.5	1,789	64.5
50%	512.5	19.4	8.1	17.0	1,851	66.7
CK	573.4	20.8	8.7	16.8	2,775	100
$LSD_{0.05}$	65.3	1.3	0.5	0.6	590	

表5. 不同太陽能板遮蔽率下絲瓜果實性狀及產量表現

處理	單果重 (g)	果長 (cm)	果寬 (cm)	總可溶性固形物(°Brix)	產量 (kg/0.1ha)	比率 (%)
30%	683.9	23.1	7.7	4.4	2,555	62.9
40%	647.6	22.9	7.5	3.9	2,594	63.8
50%	652.6	23.5	7.6	3.6	2,353	57.9
CK	723.1	23.7	7.8	4.3	4,065	100
$LSD_{0.05}$	106.5	1.5	0.4	0.9	564	

13

107年秋作

2020光電綠能設施之農地利用成果發表會

表6.不同太陽能板遮蔽率下南瓜園藝性狀表現

處理	雌花始花日數[2] (Day)	雌花始花節位 (No.)	單株結果數 (No.)	單果重 (Kg)	單位面積產量 (Kg/0.1ha)	比率 (%)
30%	26.5	10.8	3.06	0.78	877.4	104.9
40%	26.6	10.5	2.82	0.72	751.3	89.8
50%	27.3	9.7	2.35	0.88	521.9	62.4
CK	30.8	10.2	2.82	0.79	836.6	100
$LSD_{0.05}$	1.5	0.7	0.5	0.16	182.5	

[1]育苗日期:107年8月21日，定植日期:9月13日
[2]定植至50%植株雌花始花之天數

CK

30%遮蔽率

40%遮蔽率

50%遮蔽率

14

工作項目-2

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

■ 適合太陽能光電設施下適合與瓜果類蔬菜輪作作物篩選

- 試驗目的：
  建立太陽能光電設施環境下瓜果類蔬菜之栽培管理及輪作模式。
- 處理：
  模擬30%、40%及50%等三種太陽能電板遮蔽率，評估7品種短期葉菜類生育情況。

年度	107	108
期作	秋作	夏作
作物	油菜：莫麗 青梗白菜：綠地26、芳蓉 小白菜：好佳、新芳28、三鳳二號、東京べかな	

15

107年秋作

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

■ 試驗結果：

1. 107/10/5定植，107/11/1採收。
2. 油菜及青梗白菜於遮蔽率40%以下產量可達CK的70%。
3. 小白菜'新芳28'在3個遮蔽處理下均低於CK的70%。
4. 其他3個小白菜品種在3種遮蔽率下可達CK的70%。

16

表7-1.不同太陽能板遮蔽率下短期葉菜類性狀及產量表現

遮蔽率處理	鮮重 (g)	乾重 (g)	乾/鮮重比(%)	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數	小區產量 (kg/3.6㎡)	產量比率 (%)
					油菜 莫麗				
30%	160.8	7.9	5.03	33.7	32.3	12.4	12.5	30%	87.2
40%	122.8	6.0	5.04	31.7	30.5	12.5	11.7	40%	74.5
50%	106.9	5.3	5.28	30.5	28.6	12.3	11.3	50%	63.3
CK	174.4	8.6	4.95	35.2	34.1	14.4	11.5	CK	100.0
					青梗白菜 綠地26				
30%	127.3	5.7	4.65	26.2	24.0	10.6	12.9	30%	90.6
40%	74.8	3.8	5.11	23.7	20.9	9.6	12.8	40%	63.8
50%	116.1	4.8	4.21	25.1	23.0	10.6	12.3	50%	89.1
CK	177.9	8.1	4.64	28.9	27.0	12.5	13.5	CK	100.0
					青梗白菜 芳蓉				
30%	129.9	5.6	4.41	22.9	21.5	10.2	12.9	30%	77.7
40%	112.6	4.8	4.48	21.3	20.1	10.2	13.4	40%	71.4
50%	124.5	5.0	4.15	22.1	21.1	10.2	12.5	50%	78.0
CK	170.9	7.2	4.33	24.4	23.0	11.6	13.9	CK	100.0

17

表7-2.不同太陽能板遮蔽率下短期葉菜類性狀及產量表現

遮蔽率處理	鮮重 (g)	乾重 (g)	乾/鮮重比(%)	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數	小區產量 (kg/3.6㎡)	產量比率 (%)
					小白菜 好佳				
30%	239.2	9.6	4.13	35.7	33.2	17.6	13.2	11.7	74.5
40%	167.4	6.6	4.23	32.6	31.3	16.1	12.0	10.4	66.2
50%	209.4	8.1	3.89	35.8	34.4	18.2	12.7	12.0	76.6
CK	419.1	15.5	3.65	42.7	41.0	22.3	14.5	15.7	100.0
					小白菜 新芳28				
30%	186.2	8.1	6.91	31.2	30.3	15.8	13.7	9.7	54.1
40%	195.3	8.6	4.41	30.7	29.9	16.4	14.3	11.2	62.6
50%	183.6	7.7	4.23	31.8	30.9	16.3	13.4	9.5	53.2
CK	279.9	11.1	3.99	34.7	34.6	17.0	13.9	17.9	100.0
					小白菜 三鳳二號				
30%	186.0	7.5	4.04	39.5	38.3	23.3	9.7	10.5	87.0
40%	166.5	7.3	6.14	38.3	55.4	21.4	10.1	9.7	80.7
50%	164.8	6.5	3.97	38.7	36.8	21.9	9.1	9.8	81.2
CK	217.6	8.4	3.94	41.7	40.2	23.8	9.5	12.1	100.0
					小白菜 東京べかな				
30%	193.8	8.4	4.41	38.9	37.8	15.3	12.4	8.2	128.6
40%	184.0	8.9	4.89	38.2	36.3	15.5	12.4	6.2	96.9
50%	130.7	6.3	4.85	35.6	34.1	14.9	10.9	6.3	98.4
CK	215.1	10.2	4.76	39.1	38.1	18.6	12.8	6.4	100.0

18

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

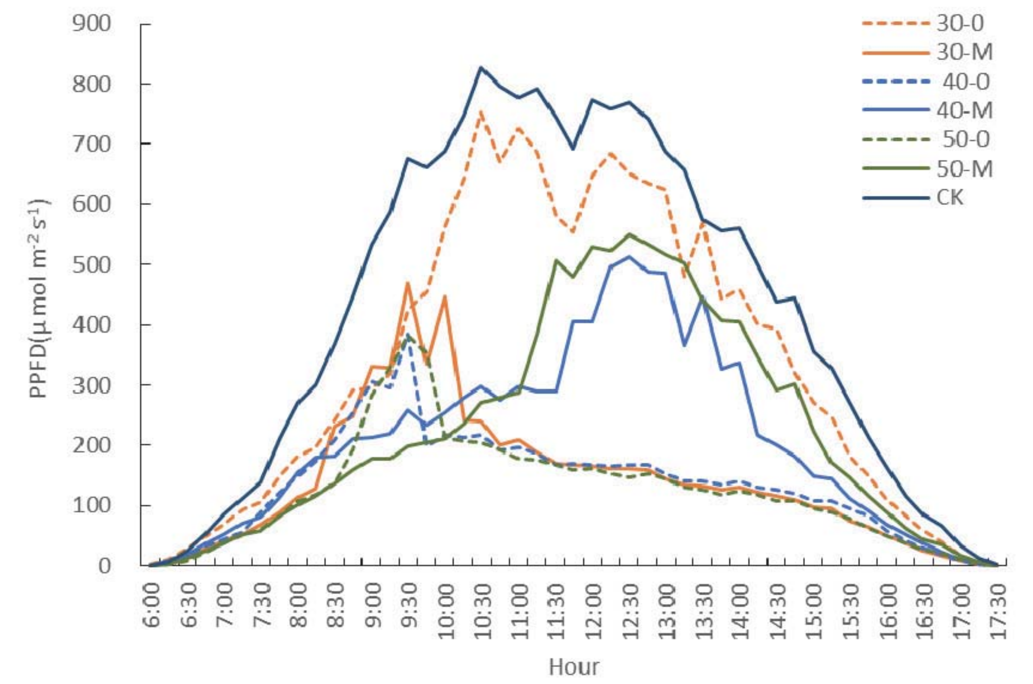


圖2.不同太陽能電板遮蔽率下每日平均光合作用光子通量密度變化 (107/10/05～107/11/01)

19

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

20

■ 適合太陽能光電設施下適合與瓜果類蔬菜輪作作物篩選：

7種短期葉菜類於30%、40%及50%等三種太陽能電板遮蔽率下的生育狀況及產量表現因種類及品種有所差異，不同作物種類(品種) 高於對照處理產量表現70%之遮蔽率均不相同。

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

表8-1.不同遮蔽率處理之葉菜類性狀產量及調查(108夏作)

處理	鮮重 (g)	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數	小區產量 (g)	比率 (%)
油菜 - 莫麗							
30%	158.1	37.1	19.6	13.9	12.7	1,598	88.4
40%	119.3	34.0	18.8	13.4	11.8	1,278	70.7
50%	115.8	34.9	19.0	12.3	11.3	1,233	68.2
CK	174.0	37.1	19.8	14.9	12.3	1,808	100.0
青梗白菜 - 綠地26							
30%	117.2	25.8	16.6	11.0	12.4	1,458	101.4
40%	109.0	25.8	18.2	12.1	11.8	1,052	73.2
50%	122.1	27.2	17.0	11.9	13.7	1,272	88.5
CK	121.9	26.4	16.3	11.8	12.5	1,438	100.0
青梗白菜 - 芳蓉							
30%	123.6	25.5	16.5	11.1	12.3	1,393	97.5
40%	110.5	23.9	15.4	10.8	13.0	1,066	74.7
50%	113.3	24.7	16.1	11.3	11.0	1,162	81.3
CK	129.4	24.5	15.5	12.4	12.9	1,428	100.0

表8-2.不同遮蔽率處理之葉菜類性狀產量及調查

處理	鮮重 (g)	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數	小區產量 (g)	比率 (%)
			白菜 - 好佳				
30%	240.1	36.4	21.5	18.2	12.5	2,562	85.0
40%	196.3	35.6	21.5	18.4	12.0	2,093	69.5
50%	158.1	31.2	20.0	16.2	11.3	1,590	52.8
CK	296.7	39.2	23.6	20.9	14.2	3,013	100.0
			白菜 - 新芳28				
30%	208.4	34.3	20.2	17.1	13.4	2,470	80.6
40%	142.9	31.1	19.7	16.5	12.3	1,681	54.9
50%	152.2	30.3	20.1	15.7	11.2	1,516	49.5
CK	305.2	35.9	23.0	20.0	15.3	3,064	100.0
			白菜 - 三鳳二號				
30%	140.6	35.2	22.8	20.1	9.8	1,539	94.7
40%	105.9	32.7	20.9	18.7	8.8	1,012	62.3
50%	98.9	33.4	23.1	18.5	7.9	1,023	62.9
CK	145.6	35.1	22.4	20.8	9.8	1,626	100.0
			白菜 - 東京べかな				
30%	169.6	38.2	21.3	16.3	11.7	1,089	55.2
40%	146.2	35.8	21.5	15.9	11.2	1,612	81.7
50%	135.8	35.3	22.6	16.5	10.6	1,440	73.0
CK	187.7	36.7	23.6	16.0	13.4	1,974	100.0

23

工作項目-3

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

■ 高屏地區太陽能光電設施瓜類作物輪作模式規劃建議

	春夏作	秋冬作
瓜果類	小胡瓜(30%) 東方甜瓜(30、40%)	苦瓜(30%) 南瓜(30%)
葉菜類	油菜：莫麗(30%、40%) 青梗白菜：綠地26、芳蓉 小白菜： 好佳(30%) 新芳28(30%) 三鳳二號(30%) 東京べかな(40%、50%)	油菜：莫麗(30%、40%) 青梗白菜： 綠地26(30%、50%) 芳蓉(30%～50%) 小白菜： 好佳(30%) 新芳28(30%) 三鳳二號(30%) 東京べかな(40%、50%)

24

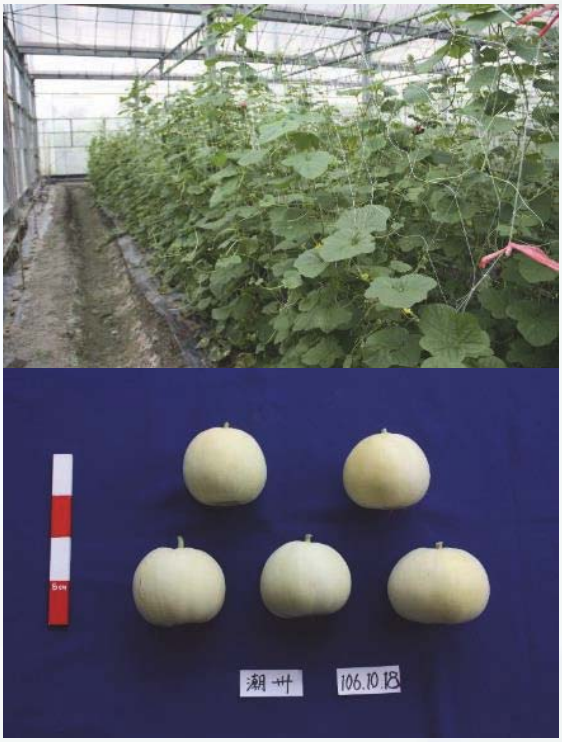


圖3.潮州案場之甜瓜生育情形及果實

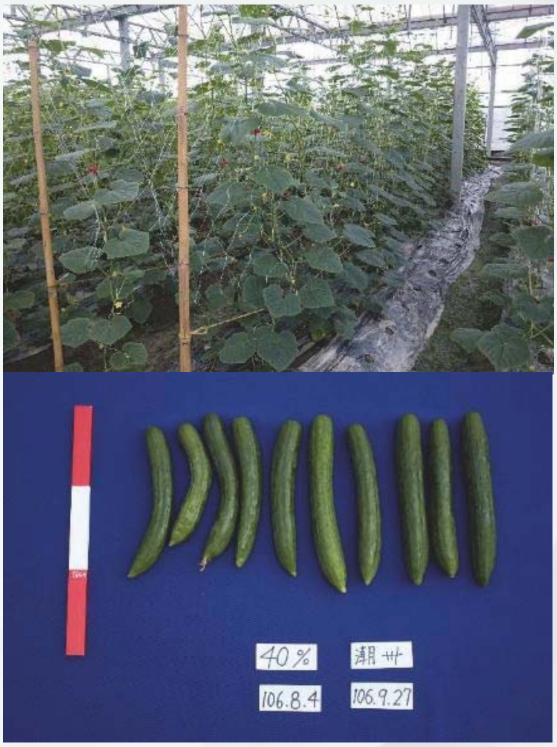


圖4.潮州案場之小胡瓜生育情形及果實

25

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

圖5.枋寮案場之苦瓜生育情形及果實

圖6.枋寮案場之絲瓜生育情形及果實

26

感謝聆聽
敬請指教

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

屋頂式營農型綠能農業設施之咖啡樹栽培評估

Evaluation of Coffee Tree Growth under Straight-line Pattern of Roofy Type Agricultural Photovoltaic Facility

主講者：張淑芬

機關(構)/單位：行政院農業委員會
農業試驗所嘉義分所

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

前言

- 現今再生能源的推動，光電綠能因應發展，結合農業與光電綠能並行而在太陽光電綠能設施下進行作物栽培。
- 營農型太陽能光電綠能農業設施產業因農作物生長的全光照環境改變，太陽能光電系統農業設施下的光照強度減弱，因此造成許多一般露天種植需光性較強的作物無法正常生長或生育情形不佳的情況發生。
- 阿拉比卡咖啡(*Coffea arabica*)可在半遮蔭環境下生長，因此進行營農型太陽光電綠能設施下咖啡樹栽培試驗。

2

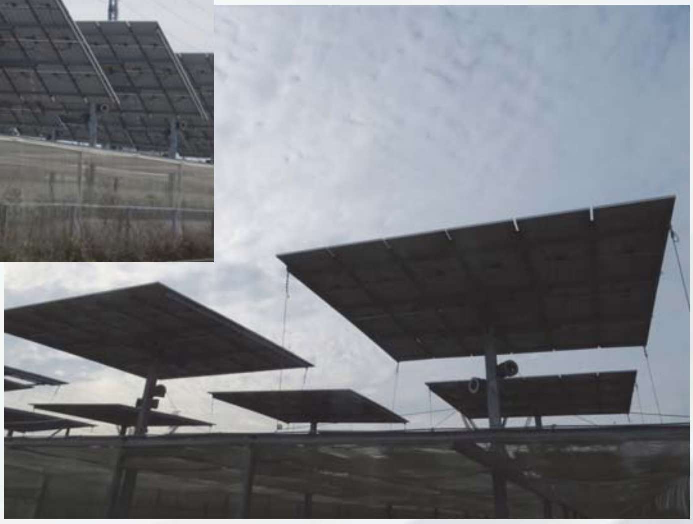
咖啡樹之栽培評估

- 咖啡樹為常綠灌木，屬茜草科(Rubiaceae)，咖啡屬(Coffea)，學名Coffea spp.，英名Coffee。
- 台灣目前咖啡種植面積 1,127公頃，收穫面積 1,117公頃，年收穫量 946,539公斤。
- 植株材料：阿拉比卡咖啡(*Coffea arabica*)三年樹齡咖啡樹。
- 栽培環境：營農型太陽光電綠能設施、露天栽培
- 調查項目：植株高度、枝條數目、枝條長度、枝條節間數、枝條節間長度、葉片長度、葉片寬度、果實數。

3

太陽光電綠能設施

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



4

光電綠能設施下咖啡作物的栽培

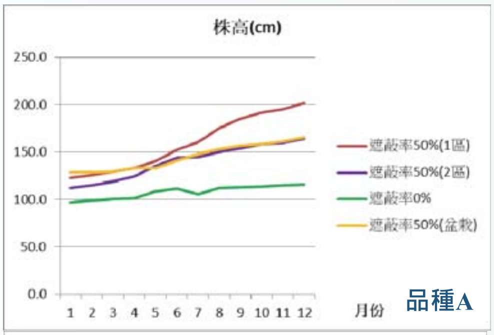
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

5

光電綠能設施咖啡樹株高生長評估

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 太陽光電綠能設施下咖啡樹株高生長明顯比全日照環境高，單節結果數也比較多，品種A與品種B的調查結果趨勢相同。



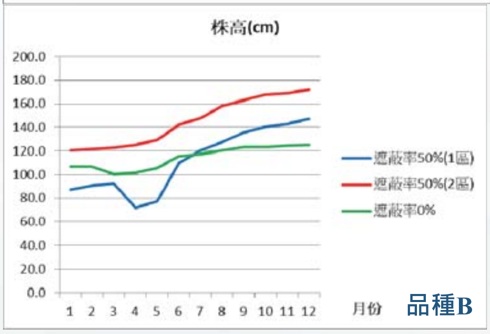


圖1. 太陽光電綠能設施下咖啡樹株高比較

表1. 太陽光電綠能設施下咖啡樹單節果實數比較

調查項目\處理別	遮蔽率0%	遮蔽率50%(1區)	遮蔽率50%(2區)	遮蔽率50%(盆栽)
品種A	5.5	13.3	6.8	11.6
品種B	1.0	11.1	10.9	-

6

光電綠能設施咖啡樹枝條生長評估

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 太陽光電綠能設施下的咖啡樹枝條數比全日照環境多，枝條長度也比較長，品種A與品種B的調查結果趨勢相同。

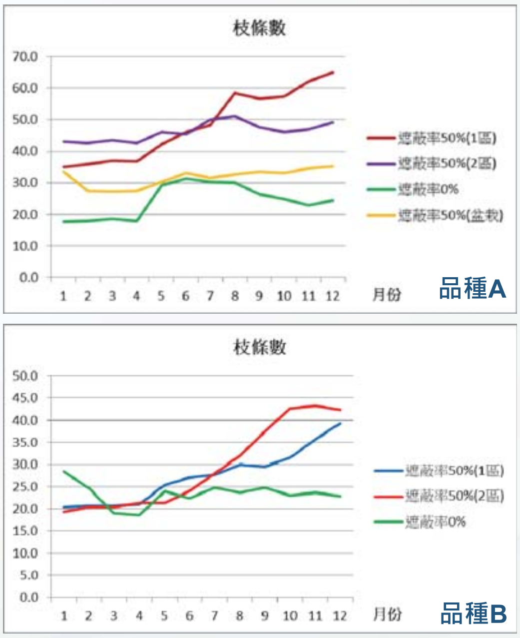


圖3. 太陽光電綠能設施下咖啡樹枝條數比較

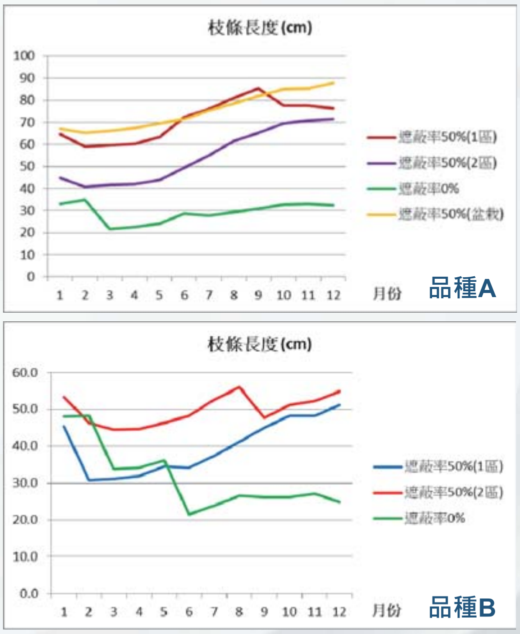


圖4. 太陽光電綠能設施下咖啡長度比較

7

光電綠能設施咖啡樹節間生長評估

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

太陽光電綠能設施下的咖啡樹節間數目比全日照環境多，且節間長度也較長，品種A與品種B的調查結果趨勢相同。

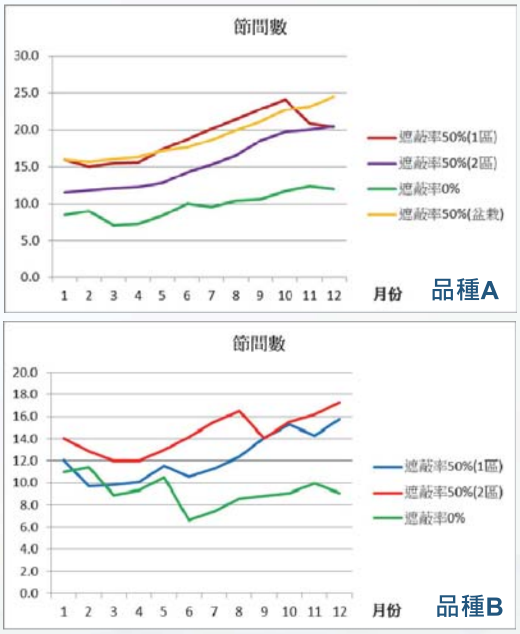


圖5. 太陽光電綠能設施下咖啡樹枝條節間數比較

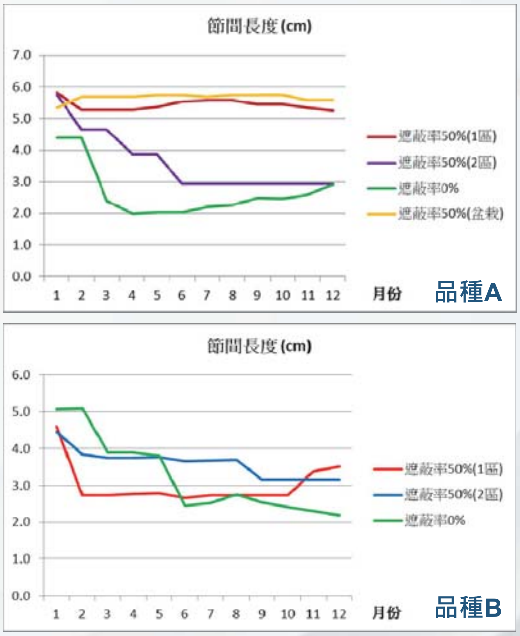


圖6. 太陽光電綠能設施下咖啡樹枝條節間長度比較

8

光電綠能設施咖啡樹葉片生長評估

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 太陽光電綠能設施下的咖啡樹葉片長度比全日照環境長，且葉片寬度也比較寬，品種A與品種B的調查結果趨勢相同。

表2. 太陽光電綠能設施下咖啡樹葉片長度比較

調查項目\處理別	遮蔽率0%	遮蔽率50%(1區)	遮蔽率50%(2區)	遮蔽率50%(盆栽)
品種A	9.8	13.0	10.2	12.2
品種B	8.7	13.7	13.1	-

表3. 太陽光電綠能設施下咖啡樹葉寬度比較

調查項目\處理別	遮蔽率0%	遮蔽率50%(1區)	遮蔽率50%(2區)	遮蔽率50%(盆栽)
品種A	4.2	5.5	5.6	5.3
品種B	4.0	5.6	5.2	-

9

光電綠能設施咖啡樹種植

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 經咖啡樹周年栽培調查結果顯示，太陽光電綠能設施栽培的咖啡樹植株與在自然日照下栽培的咖啡樹植株比較：
  - ➢植株高度平均生長速度較快、高度增加較多。
  - ➢植株枝條的數目增加較多，枝條長度也比較長。
  - ➢枝條的節間數較多，枝條節間長度也比較長。
  - ➢有比較大的葉片長度與寬度的咖啡樹植株性狀表現。
  - ➢有比較多的單節結果數的產量表現。

10

結論與建議

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 咖啡樹的植株特性可在半遮蔭的環境下生長，但是仍需要一定的日照強度才不至於影響產量，控制好栽培環境及導入良好的栽培管理技術，以期咖啡樹植株能獲得較好的生產收益。

11

感謝聆聽
敬請指教

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

屋頂式營農型綠能農業設施作物篩選與評估

Cucurbit Production under Straight-line Pattern Roofy Type Agricultural Photovoltaic Facility and Its Rotation Systems

主講者：陳俊仁
機關(構)/單位：行政院農業委員會
臺南區農業改良場

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

大綱

- 前言
- 光電溫室案場輔導
- 耐低光作物篩選與評估

2

前言

- 從2013年起，允許綠能附屬農業設施，但一開始法規並沒有對遮蔽率、生產方式等做明確規範，一些光電業者抱持投機心態，假種田、真種電的狀況不斷發生。三年前種電管制趨嚴，卻造成部分早期投資的**農民**貸款種電，面臨撤照拔電表血本無歸的困境，有人為此自殺，衍生的合約糾紛多達上百件。這兩年地方政府開始執行稽查，有124場光電附屬綠能設施，都遭到廢止。

3

多久回本?

- 綠源科技綠色事業開發部經理陳采嶸強調，2014年投入農業生產，採用追日型太陽能板雖增加6%至10%的生產成本，但可增加15%發電量，以土庫大荖廠租用3.8分農地，平均一年可發電50萬度，預計8年回本。

4

試驗背景：

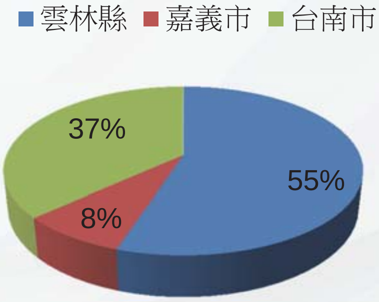
- 雲嘉南地區是綠能產業的重鎮，多數綠能設施是建立在農地之上，不少農業生產設施投入申設附屬綠能設施，但因初期法規不夠嚴謹周全，出現許多「假種田、真種電」的亂象。究其原因乃多數沒有實際農業生產，而沒有實際生產主要是因缺乏作物品項及栽培模式可依循，加上業者本身大都沒有農業生產的背景，且所生產的農產品獲利太低，導致誘因不足所造成的。

5

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

102-107年農業設施屋頂附屬綠能設施案場統計

- 全台灣案場包括溫網室、禽畜舍及其他農業設施共有4306件，其中溫網室占704件。
- 溫網室雲嘉南共有440件，占了一半以上。
- 雲林縣(226)、嘉義縣(39)、台南市(175)



6

雲林縣農業設施屋頂附屬綠能統計

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

一、案場統計

農業設施附屬綠能設施案件

	件數	面積㎡	公頃
溫室	66	248,493.4	24.85
網室	75	289,847.0	28.98
菇場	102	275,793.7	27.58
合計	243	814,134.1	81.41

二、種植作物項目

1.溫、網室：種植多以過溝菜蕨、山蘇為主，另有少數案場種植咖啡、沉香、鵝掌藤、天仙果、茶花(盆)、薑(袋耕)等。

2.菇類栽培場：多以香菇(太空包)為主，另有少數案場栽培秀珍菇、靈芝、木耳等。

7

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

新規定：

2017年6月農委會公布新的審查辦法，光電業者要在農地上設置光電設施，首先必須有農業經營的事實，營農型光電設施太陽能板的遮蔽率，最多只能達40%。除了遮蔽率，業者必須提出農業經營計畫書，地方政府也會針對生產狀況定期做查核，農業產量應達該品項以往三年平均值七成。

8

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

雲嘉南農業設施屋頂附屬綠能設施案場輔導

- 配合能源局、農委會企劃處、縣市政府農業局、農糧署、及農試所等單位到農業設施屋頂附屬綠能設施案場，進行專案輔導、現場復查及技術指導。

2019/9/28 9

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

雲嘉南農業設施屋頂附屬綠能設施案場輔導

分為屋頂式、立柱式

10

雲嘉南農業設施屋頂附屬綠能設施案場輔導

立柱式

11

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

雲嘉南農業設施屋頂附屬綠能設施案場輔導

12

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

雲嘉南農業設施屋頂附屬綠能設施案場輔導

13

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

雲嘉南農業設施屋頂附屬綠能設施案場輔導

14

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

雲嘉南農業設施屋頂附屬綠能設施案場輔導

過貓

山蘇

15

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

雲嘉南農業設施屋頂附屬綠能設施案場輔導

無償租人種植

16

耐低光作物篩選與評估

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

(一)10月29日在土庫舉辦追日型光電板設施山蘇與苞舌蘭栽培觀摩會

- ■山蘇試種
- ■苞舌蘭試種

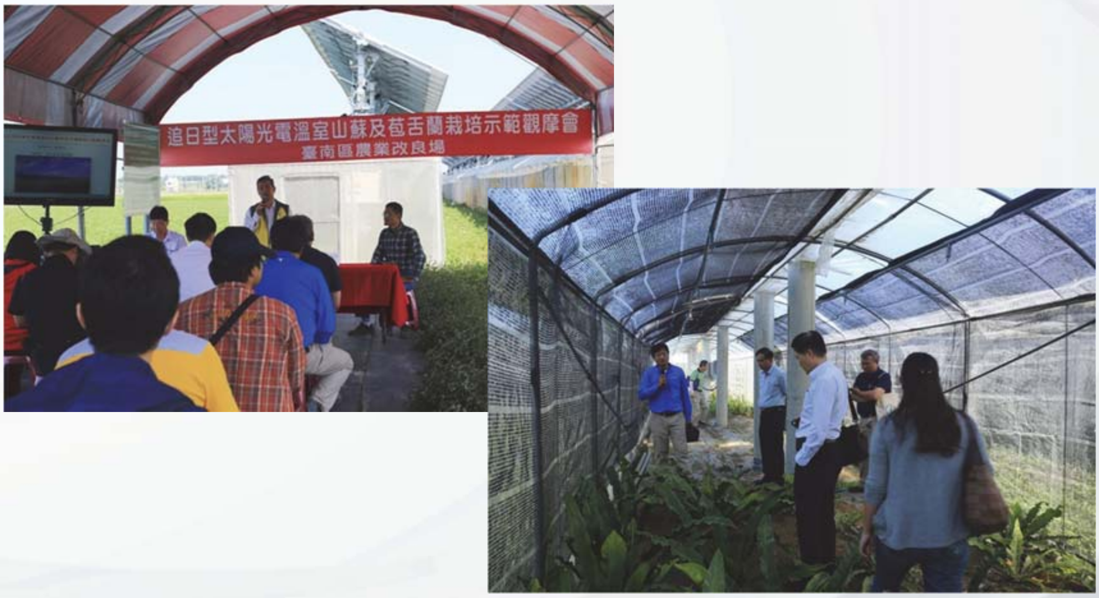
(二)耐低光作物試種篩選

- ■不同遮蔭率夏季短期葉菜栽培試驗
- ■不同遮蔭率秋冬季短期葉菜栽培試驗
- ■不同遮蔽率夏季短期葉菜栽培試驗
- ■不同遮蔽率冬季短期葉菜栽培試驗
- ■不同遮蔽率甜玉米試驗
- ■山蘇產量調查

17

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

在土庫舉辦追日型光電板設施山蘇與苞舌蘭栽培觀摩會



2019/9/28

18

舉辦追日型光電板設施山蘇與苞舌蘭栽培觀摩會

試驗場地：

位於雲林縣土庫鎮，為簡易塑膠布網室配合開陽國際生技股份有限公司所設立的追日型立柱單軸太陽能板，遮蔽率在50~55%，面積約為0.35公頃。太陽能板配置為南北走向，共5行，每行10~11座，寬度3.3公尺，高度6公尺。其下搭建簡易塑膠布屋頂溫室，四周為白色防蟲網。簡易溫室寬3.3公尺，每棟間隔2公尺。

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

山蘇的產業用途

食用
切葉
盆栽

山蘇栽培特性：

◆原生森林附生性蕨類：淺根、耐蔭忌強光。
◆山蘇蕨菜可多年採收，不用每年更新種植。
◆病蟲害少，容易有機栽培。
◆繁殖用分割、孢子播種、組織培養。

21

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

光電溫室山蘇栽培成果說明

◆加裝60%的黑色遮光網。

◆在畦面覆蓋稻殼以防止雜草生長。

◆在植株心部撒佈少許泥碳土、稻殼。

◆澆水用噴灌，夏天每天二次，每次5鐘。

◆植株成活後，剪去下層老葉有助新葉生長。

22

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

光電溫室山蘇栽培成果說明

本試驗於今年一月種植的山蘇大苗，約經過半年生長恢復，新葉長出後即可開始慢慢採收嫩葉；而定植葉片長30至40公分的小苗，則需要經過一年的培育才可採收嫩葉。

23

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

光電溫室山蘇栽培成果說明

24

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

光電溫室山蘇栽培成果說明

25

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

山蘇栽培輔導

26

山蘇栽培輔導

27

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

苞舌蘭優點

1.本土花卉。

2.景觀造景的優良素材，可填補台灣夏季草花的缺乏。

3.耐熱。

4.容易栽培。

5.花色多、花期長。

6.育種年限短。

7.研究、資料少。

28

苞舌蘭優點

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

容易栽培，整年開花

無限花序可開一百朵花

29

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

收集及育出的品種花色

30

苞舌蘭可以盆植或種植地上

盆植

地植

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

苞舌蘭綠美化利用

光電溫室苞舌蘭栽培成果說明

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

本試驗栽培苞舌蘭編號100-3的紅花品種試種結果，在106年6月中定植，於10月底開第一次花，花期維持到今年2月；第二次開花在今年6月底，花期維持到9月底。

33

光電溫室苞舌蘭栽培成果說明

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

光電板設施苞舌蘭盆栽開花花情形(107年10月)

34

光電溫室苞舌蘭栽培成果說明

◆地植之後叢生的苞舌蘭植株將來可作為分株的種苗。

◆盆栽種植將來則可以盆花方式出售。

◆惟獨苞舌蘭目前在市場還是小眾花卉，還需要多加強推廣做為景觀用花卉。

35

耐低光不同季節短期葉菜類試種篩選

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

◆在雲林分場的4連棟的溫室透明塑膠布的屋頂，以未加覆及加覆白色50%、黑色50%及黑色70%的遮光網。其4區的遮蔭程度和室外光強度測量比較分別大約為40%、50%、70%和80%，在這4小區進行以下栽培試驗。

1.不同遮蔭夏季短期葉菜栽培試驗：蕹菜、莧菜

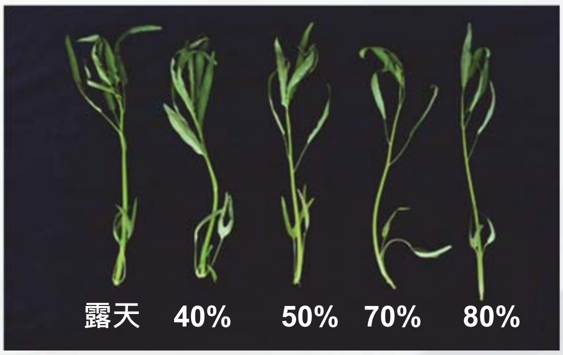
2.不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗：粉A(萵苣)、菠菜、茼蒿、山芹菜、小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍

36

不同遮蔭夏季短期葉菜栽培試驗

夏季短期菜類中，甕菜在露天栽培無論葉片長寬、莖粗及鮮重皆比遮光率40%-80%佳。

遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	41.87	15.41	1.79	6.55	8.45(100%)
40%	40.84	13.54	1.52	5.41	5.57(66%)
50%	42.66	13.51	1.58	5.72	6.05(72%)
70%	46.02	13.45	1.65	5.15	6.46(76%)
80%	44.78	11.74	1.35	4.29	4.71(56%)



37

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

不同遮蔭夏季短期葉菜栽培試驗

莧菜在露天與其他遮光處理差異不大，顯示莧菜比甕菜更能耐低光栽培。

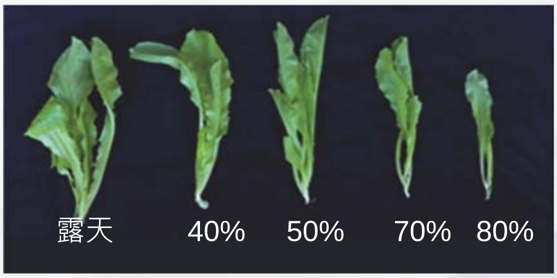
遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	38.14	8.00	7.29	5.51	11.51(100%)
40%	35.76	8.37	6.98	4.94	9.06(79%)
50%	36.47	8.16	6.72	4.67	8.54(74%)
70%	36.89	9.13	7.21	5.47	10.32(90%)
80%	38.16	9.37	7.10	4.83	9.04(79%)

38

不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗

8種冬季短期葉菜類在不同遮光率之栽培生育比較，結果顯示以粉A(萵苣)、菠菜及茼蒿在露天生育較好，而山芹菜及十字菜科的小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍卻以40%或50%的遮光率比露天的生育好。

遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	29.40	27.79	7.44	9.62	11.8(100%)
40%	31.03	29.15	7.64	7.80	9.46(80%)
50%	29.29	27.49	6.75	7.17	6.86(58%)
70%	24.48	23.05	5.21	5.17	3.05(26%)
80%	20.70	19.07	3.56	4.12	1.30(11%)



39

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗

8種冬季短期葉菜類在不同遮光率之栽培生育比較，結果顯示以粉A(萵苣)、菠菜及茼蒿在露天生育較好，而山芹菜及十字菜科的小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍卻以40%或50%的遮光率比露天的生育好。

遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	26.90	26.23	6.69	10.74	17.27(100%)
40%	32.65	31.67	6.70	9.89	11.49(67%)
50%	28.30	27.38	5.37	8.21	7.49(43%)
70%	28.70	27.46	6.69	9.50	7.83(45%)
80%	18.23	17.16	3.08	4.77	1.95(11%)

40

不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗

8種冬季短期葉菜類在不同遮光率之栽培生育比較，結果顯示以粉A(萵苣)、菠菜及茼蒿在露天生育較好，而山芹菜及十字菜科的小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍卻以40%或50%的遮光率比露天的生育好。

遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	15.86	14.98	5.69	8.21	13.63(100%)
40%	17.05	15.62	5.47	5.41	11.30(83%)
50%	18.22	16.40	5.68	4.18	10.92(80%)
70%	14.55	12.86	3.38	3.09	4.72(35%)
80%	10.95	8.63	2.10	2.26	1.84(13%)

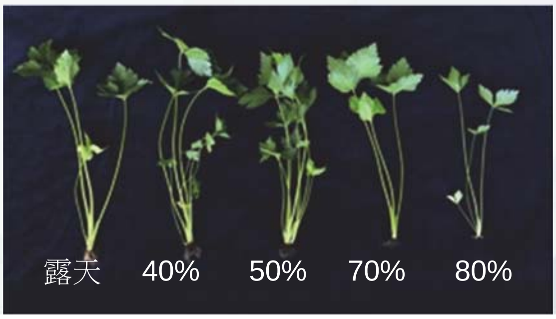
41

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗

8種冬季短期葉菜類在不同遮光率之栽培生育比較，結果顯示以粉A(萵苣)、菠菜及茼蒿在露天生育較好，而山芹菜及十字菜科的小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍卻以40%或50%的遮光率比露天的生育好。

遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	34.72	7.15	11.36	6.32	7.98(100%)
40%	38.67	9.70	14.86	7.63	9.83(123%)
50%	39.36	9.28	14.61	6.88	10.02(126%)
70%	33.05	7.30	12.19	5.92	6.22(78%)
80%	27.39	5.48	9.43	4.32	3.04(38%)



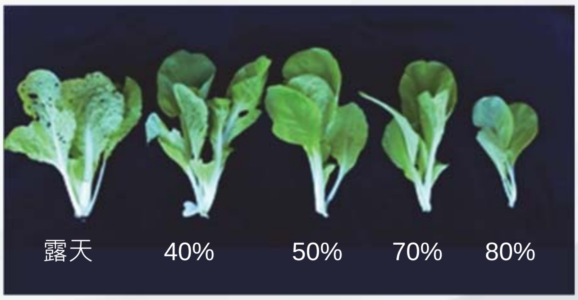
42

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗

8種冬季短期葉菜類在不同遮光率之栽培生育比較，結果顯示以粉A(萵苣)、菠菜及茼蒿在露天生育較好，而山芹菜及十字菜科的小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍卻以40%或50%的遮光率比露天的生育好。

遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	24.03	22.86	8.85	17.72	25.38(100%)
40%	24.62	21.06	10.72	15.23	26.30(104%)
50%	24.72	23.73	10.12	13.57	20.58(81%)
70%	22.76	21.67	9.64	12.47	14.32(56%)
80%	16.17	15.15	5.62	9.10	5.03(28%)



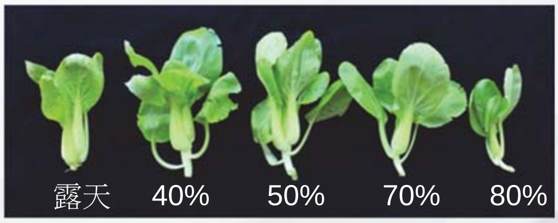
43

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗

8種冬季短期葉菜類在不同遮光率之栽培生育比較，結果顯示以粉A(萵苣)、菠菜及茼蒿在露天生育較好，而山芹菜及十字菜科的小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍卻以40%或50%的遮光率比露天的生育好。

遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重(g)
露天	13.93	12.94	4.63	21.58	18.35(100%)
40%	17.29	14.62	6.69	29.94	23.07(126%)
50%	17.24	14.24	6.26	29.98	22.85(125%)
70%	13.93	11.90	5.33	19.91	8.88(48%)
80%	13.03	9.89	4.38	12.16	5.11(28%)



44

不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗

8種冬季短期葉菜類在不同遮光率之栽培生育比較，結果顯示以粉A(萵苣)、菠菜及茼蒿在露天生育較好，而山芹菜及十字菜科的小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍卻以40%或50%的遮光率比露天的生育好。

遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	24.30	20.80	6.25	11.42	11.98(100%)
40%	29.30	26.54	7.29	14.80	14.88(124%)
50%	30.75	26.83	8.20	18.28	20.23(169%)
70%	27.76	24.35	6.31	10.69	8.20(68%)
80%	19.76	17.67	4.52	6.03	3.04(25%)

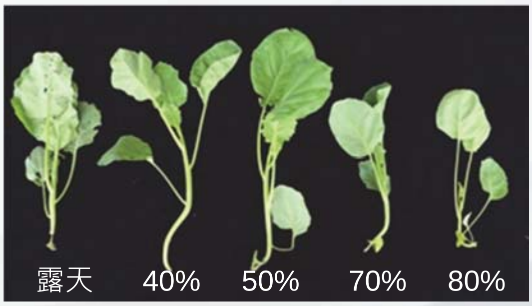
45

2019 光電綠能設施之農地利用成果發表會

不同遮蔭秋冬季短期葉菜栽培試驗

8種冬季短期葉菜類在不同遮光率之栽培生育比較，結果顯示以粉A(萵苣)、菠菜及茼蒿在露天生育較好，而山芹菜及十字菜科的小白菜、青梗白菜、小松菜及芥藍卻以40%或50%的遮光率比露天的生育好。

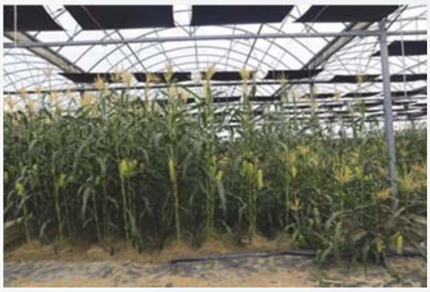
遮蔭率	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	莖粗 (mm)	鮮重 (g)
露天	24.22	18.04	7.15	5.94	10.12(100%)
40%	34.57	22.22	9.20	6.69	13.69(135%)
50%	31.01	21.82	8.25	5.90	11.34(112%)
70%	25.2	17.72	6.31	4.33	4.90(48%)
80%	23.7	15.74	5.29	3.59	3.20(32%)



46

溫室內不同遮蔽率(0、30%、40%、50%)甜玉米栽培試驗

遮蔽率0%



遮蔽率30%

遮蔽率40%

遮蔽率50%

47

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

不同遮蔽率葉菜類(夏季、冬季)栽培試驗

48

不同遮蔽率夏季葉菜類栽培試驗（克/40株)

遮蔽率	莧菜	百分比 (%)	甕菜	百分比 (%)
0	6865	100	4832	100
30%	7281	106	4528	93.7
40%	6869	100	4141	85.7
50%	5430	79	3576	74

◆ 在溫室內不同遮蔽率(0、30、40、50%)的區域種植夏季葉菜類，其中甕菜產量以遮蔽率0為最高，隨著遮蔽率愈高，產量愈低， 其中在30%~50%遮蔽率都還有七成的產量；而莧菜產量較耐低光栽培，在50%遮蔽率都還有近八成的產量。

49

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

不同遮蔽率冬季葉菜類栽培試驗（克/30株）

遮蔽率	菠菜	小白菜	茼蒿	青梗白菜	萵苣
0	2600（100%）	8800（100%）	6900（100%）	11200（100%）	5100（100%）
30%	3500（135%）	8200（93.1%）	5400（78.2%）	9600（85.7%）	4700（92.2%）
40%	2900（115%）	6000（68.1%）	5500（79.7%）	7300（65.1%）	4200（82.3%）
50%	3600（138%）	5600（63.6%）	4100（59.4%）	6900（61.6%）	3400（66.7%）

◆ 在溫室內不同遮蔽率(0、30、40、50%)的區域種植冬季葉菜類，其中小白菜、茼蒿、青梗白菜、萵苣的產量皆以遮蔽率0為最高，隨著遮蔽率愈高，產量愈低，其中在30%~40%遮蔽率都還有七成的產量。而菠菜產量反而以30~50%遮蔽率高於無遮蔽率的處理。

50

不同遮蔽率甜玉米栽培試驗

遮蔽率	產量(公斤)	穗數	百分比(%)	倒伏率(%)	玉米筍重(克)	玉米筍數
0	105.0	514	100	17.97	3200.7	89
30%	98.5	402	72.9	62.86	4378.1	112
40%	63.3	296	46.8	94.04	5446.2	118
50%	84.1	384	62.2	68.64	3763.7	105

- ◆ 在溫室內不同遮蔽率(0、30、40、50%)的區域種植甜玉米大金蜜品種(株距20公分)。在抽穗開花初期因灌水及溫室開啟風扇，造成在30、40、50%遮蔽率的區域植株倒伏嚴重，日後要加大株距種植。
- ◆ 在產量方面以遮蔽率0最高，而30%遮蔽率有達到七成的產量，而40及50%遮蔽率產量較差，僅4~6成的產量。

51

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

光電案場山蘇產量調查(108年1-6月)

地點	產量/株(g)	葉片數/株
雲林分場	85 (100%)	16.7 (100%)
土庫光電場	79.2 (93.1%)	16.3 (97.6%)

在雲林土庫遮蔽率50~55%的追日型光電溫室設施種山蘇，經108年1~6月的產量調查結果，雲林分場種植的成熟株平均每株累積採收16.7片共85克，土庫光電案場的成熟株平均每株累積採收16.3片共79.2克，有分場的九成的產量。

52

結語

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 山蘇耐蔭且種植後不用更新，可連續採收嫩葉好幾年，算是栽培省工的蔬菜作物之一。愈來愈多的營農型光電設施改種山蘇，但要注意選擇正確的種苗，注意栽培要點，很容易可以做到不用化學肥料及農藥的無毒蔬菜。將來行銷通路可以走超市，建立自己的品牌，好好行銷是綠能生產的農產品，也達到農電共構共享雙贏的目標。

53

感謝聆聽 敬請指教

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

屋頂式營農型綠能農業設施對低需光性作物生育影響之研究

Effects of Light on Growth and Development of Sun Plant Grown under Straight-line Pattern of Roofy Type Agricultural Photovoltaic Facility

主講者：楊雅淨

機關(構)/單位：行政院農業委員會
桃園區農業改良場

營農型綠能設施環境監測(1/3)

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

營農型綠能設施環境監測(2/3)

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 晴天與陰天不同區域光照度分布比率差異最大因素為直射光強度不同。
- 追日型遮蔽率50%-55%，發電量等同固定式20度的建蔽率大約在65%-70%。
- 單軸追日型太陽能板排列成南北向，陽光照射位置會隨時間移動，光線分布較為均勻。

表1.雲林縣土庫鎮光電綠能設施於2017年10月11日及14日光度(μmol m^{-2} s^{-1})監測數據

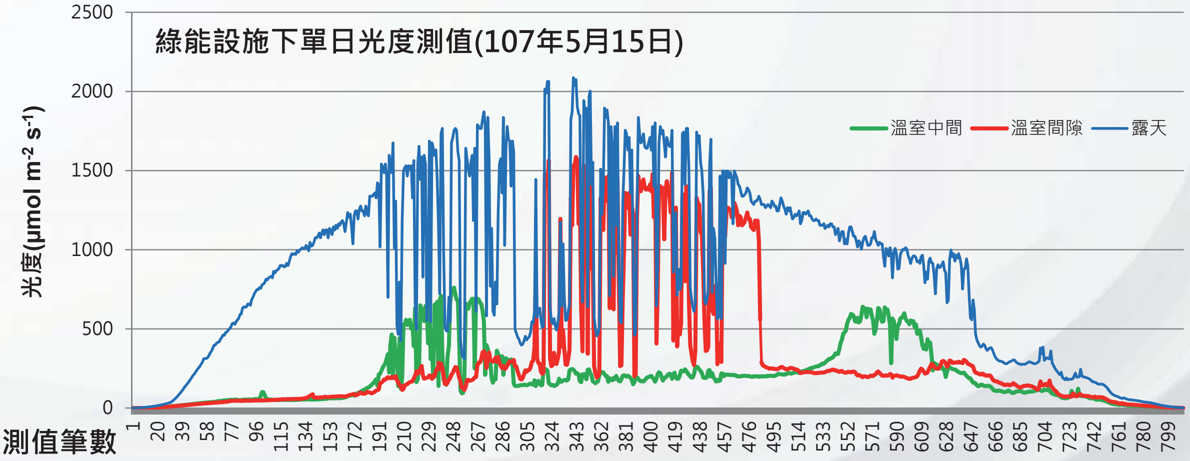
日期	項目	露天	設施間隙	遮陰網下方	溫室中間	溫室外側
10/11 晴天	累積值	595,626	241,690	106,786	144,835	136,839
	百分比	100	40.6	17.9	24.3	23.0
	平均	827.3	337.1	148.3	202.0	190.1
	最大	1,664	1,444	392	619	877
10/14 陰天	累積值	121,757	81,715	40,637	50,981	46,897
	百分比	100	67.1	33.4	41.9	38.5
	平均	175.4	117.7	58.6	73.5	67.6
	最大	923	430	273	402	238

3

營農型綠能設施環境監測(3/3)

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 觀葉植物如山蘇及白鶴芋等低需光性作物，需增加遮光網，避免日光直射。
- 增設遮光網後，與相同位置溫室中間感測器相比較，平均光度減少26.5%，但最大光度減少36.6%，有效減少直射光對植物傷害。



4

採自動監控灌溉

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

每日8:30及14:30時，土壤溼度計測值低於580時啟動灌溉，每次供水上限54,000 mL

5

低需光性之觀葉類盆栽作物

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

6

光度對觀葉作物生育之影響(1/3)

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

106年參試之10種觀葉植物，最佳生長遮光度範圍介於0-80%。

表2.十種觀葉植物栽植於不同遮陰處理之植株地上部乾重(定植後133日)

作物/遮光度	單位	0%	25%	50%	60%	80%	90%
虎尾蘭	g	10.9	10.4	8.5	8.2	5.0	3.5
	%	(100)	(95.5)	(78.1)	(75.4)	(45.7)	(32.3)
香龍血樹	g	34.1	31.8	35.3	27.7	20.9	15.9
	%	(100)	(93.2)	(103.5)	(81.3)	(61.3)	(46.6)
密葉竹蕉	g	15.2	13.5	18.5	12.3	10.0	9.7
	%	(100)	(89.0)	(121.9)	(80.6)	(65.6)	(63.6)
白鶴芋	g	4.1	6.6	7.3	7.7	11.5	6.6
	%	(100)	(162.2)	(179.5)	(190.6)	(282.3)	(163)
羅漢松	g	0.7	0.8	0.7	0.7	0.4	0.3
	%	(100)	(121.1)	(104.1)	(102.2)	(62.8)	(50.9)
龜背芋	g	24.3	31.6	34.2	23.9	26.6	23.0
	%	(100)	(129.8)	(140.5)	(98.2)	(109.2)	(94.8)
海南菜豆樹	g	43.1	39.6	43.8	44.0	32.5	28.8
	%	(100)	(91.9)	(101.6)	(102)	(75.4)	(66.8)
斑葉鵝掌藤	g	14.8	15.3	13.0	14.7	7.4	7.1
	%	(100)	(103.2)	(87.8)	(99.0)	(49.8)	(47.8)
紅邊椒草	g	5.4	7.4	14.6	12.0	9.8	5.3
	%	(100)	(135.7)	(268.4)	(219.6)	(180.6)	(97.8)
積水鳳梨	g	8.0	10.3	9.4	9.2	7.1	5.5
	%	(100)	(128)	(117.4)	(115.4)	(88.7)	(68.2)

光度對觀葉作物生育之影響(2/3)

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

106年參試之10種觀葉植物，最佳生長遮光度範圍介於0-80%。

表2.十種觀葉植物栽植於不同遮陰處理之植株地上部乾重(定植後133日)

作物/遮光度	單位	0%	25%	50%	60%	80%	90%
虎尾蘭	g	10.9	10.4	8.5	8.2	5.0	3.5
	%	(100)	(95.5)	(78.1)	(75.4)	(45.7)	(32.3)
香龍血樹	g	34.1	31.8	35.3	27.7	20.9	15.9
	%	(100)	(93.2)	(103.5)	(81.3)	(61.3)	(46.6)
密葉竹蕉	g	15.2	13.5	18.5	12.3	10.0	9.7
	%	(100)	(89.0)	(121.9)	(80.6)	(65.6)	(63.6)
白鶴芋	g	4.1	6.6	7.3	7.7	11.5	6.6
	%	(100)	(162.2)	(179.5)	(190.6)	(282.3)	(163)
羅漢松	g	0.7	0.8	0.7	0.7	0.4	0.3
	%	(100)	(121.1)	(104.1)	(102.2)	(62.8)	(50.9)
龜背芋	g	24.3	31.6	34.2	23.9	26.6	23.0
	%	(100)	(129.8)	(140.5)	(98.2)	(109.2)	(94.8)
海南菜豆樹	g	43.1	39.6	43.8	44.0	32.5	28.8
	%	(100)	(91.9)	(101.6)	(102)	(75.4)	(66.8)
斑葉鵝掌藤	g	14.8	15.3	13.0	14.7	7.4	7.1
	%	(100)	(103.2)	(87.8)	(99.0)	(49.8)	(47.8)
紅邊椒草	g	5.4	7.4	14.6	12.0	9.8	5.3
	%	(100)	(135.7)	(268.4)	(219.6)	(180.6)	(97.8)
積水鳳梨	g	8.0	10.3	9.4	9.2	7.1	5.5
	%	(100)	(128)	(117.4)	(115.4)	(88.7)	(68.2)

光度對觀葉作物生育之影響(3/3)

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

107年參試之5種觀葉作物，最佳生長遮光度範圍介於0-80%。

表3.山蘇等五種觀葉植物栽植於不同遮陰處理之植株地上部乾重(定植後133日)

作物/遮光度	單位	0%	25%	50%	60%	80%	90%
山蘇	g	4.4	5.2	3.6	5.0	7.3	3.9
	%	(100)	(119.5)	(81.6)	(113.8)	(167.8)	(88.5)
美鐵芋	g	9.0	7.4	22.6	6.8	9.5	8.2
	%	(100)	(81.7)	(251.1)	(75.6)	(105.6)	(91.1)
紫背錦竹芋	g	12.5	12.7	11.9	11.2	9.0	1.9
	%	(100)	(102.0)	(95.6)	(89.6)	(72.3)	(15.3)
擎天鳳梨	g	4.3	2.3	3.2	3.7	3.1	2.2
	%	(100)	(54.1)	(74.1)	(87.1)	(72.9)	(50.6)
黃金葛	g	39.6	46.7	38.2	43.7	33.5	6.3
	%	(100)	(117.8)	(96.5)	(110.4)	(84.5)	(15.9)

0%　25%　50%　60%　80%　90%

9

光電設施下栽植觀葉植物之成果

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表4. 光電綠能設施下栽植觀葉作物地上部鮮重、乾重及葉面積

作物種類	地上部鮮重	地上部乾重	單株葉面積
	------ g plant^{-1}------		cm^2 plant^{-1}
密葉竹蕉	101.18	20.37	2123.38
黃邊香龍血樹	169.57	35.09	1947.87
美葉虎尾蘭	85.00	14.46	427.14
龜背芋	145.33	26.97	1559.51
白鶴芋	133.43	24.18	3145.56
海南菜豆樹	154.20	52.26	7385.47
斑葉鵝掌藤	98.57	17.16	2173.91
羅漢松	2.33	0.68	48.95
紅邊椒草	100.13	14.58	727.41
積水鳳梨	63.13	7.17	811.48

*5月18日定植，9月28日調查。

10

光電綠能設施建議栽植種類

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

科別	作物名稱	學名	栽培改善技術
龍舌蘭科	美葉虎尾蘭	*Sansevieria trifasciata*	適宜栽培，灌溉適量即可
	黃邊香龍血樹	*Dracaena fragrans*	適宜栽培，灌溉須充足
	密葉竹蕉	*Dracaena deremensis*	適宜栽培
羅漢松科	羅漢松	*Podocarpus macrophyllus*	適宜栽培，須適度修剪
紫葳科	海南菜豆樹(進財樹)	*Radermachera hainanensis*	適宜栽培，灌溉須充足
胡椒科	紅邊椒草(紅娘椒草)	*Peperomia clusiifolia*	適宜栽培，減少直射光
五加科	斑葉鵝掌藤	*Schefflera arboricola*	適宜栽培，須適度修剪
景天科	翡翠木(發財樹)	*Crassula ovata*	適宜栽培，栽培前期應降低灌溉頻度
鳳梨科	積水鳳梨	Tillandsioideae	適宜栽培，適度直射光有利葉片花青素顯現
天南星科	白鶴芋	*Spathiphyllum* spp.	適宜栽培，避免直射光，噴灌為佳
	龜背芋	*Monstera deliciosa*	適宜栽培，灌溉須充足
	美鐵芋(金錢樹)	*Zamioculcas zamiifolia*	適宜栽培，灌溉適量即可
	黃金葛	*Epipremnum aureum*	適宜栽培，避免直射光
鐵角蕨科	山蘇(鳥巢蕨)	*Asplenium nidus*	適宜栽培，60-80%遮光率環境葉色較佳
竹芋科	紫背錦竹芋(豔錦竹芋)	*Ctenanthe oppenheimiana*	適宜栽培，避免直射光，噴灌為佳

11

低需光性觀葉植物栽培管理改善措施

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 搭配自動灌溉-如噴灌或微噴灌，可確保給水充足，同時可提高空氣相對溼度。
- 適度遮光50-80%，以避免直射光過強造成葉片日燒。
- 空氣加溼-噴霧或噴灌，避免葉緣失水焦枯。
- 肥培管理以緩釋型肥料為主，視需求補充水溶性複合肥料。
- 中小型盆栽建議離地栽培，防止土媒病害隨灌溉溢流水傳播，並避免豪雨期間浸水受害。

感謝聆聽
敬請指教

12

露天地面立柱式營農型綠能設施模擬於不同光電板遮蔽率、角度與高度下對於遮光率之影響

Simulation on Effects of Different Solar Panel Shielding Ratios, Angles and Distances Above Ground on Shading Rates within the Pillar Pattern Agrivoltaic Farm

主講者：邱相文

機關(構)/單位：行政院農業委員會
農業試驗所農業工程組

摘要

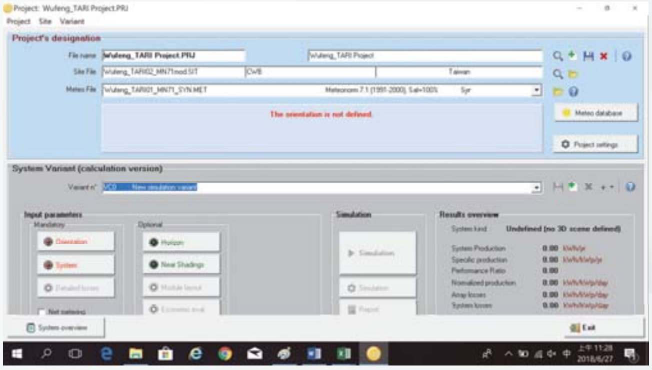
- 以PV syst.軟體進行田區及光電板之光照情形模擬建置，光照情形係應用氣象局近10年光照參數，探討農業試驗所94號田區(圖2)，在不同光電板面積對於田間遮蔽率比例（50%、40%、35 %、30%）與高度（6m、5m、4m）以及光電板角度(0º、10º、15º、20º及23º)對於遮光率之影響。為達到光電板發電量與作物生產產能之間的最大平衡效益，本研究進行不同光電板的設置面積下所造成對地面所造成的光照分佈與遮蔽情形進行模擬。

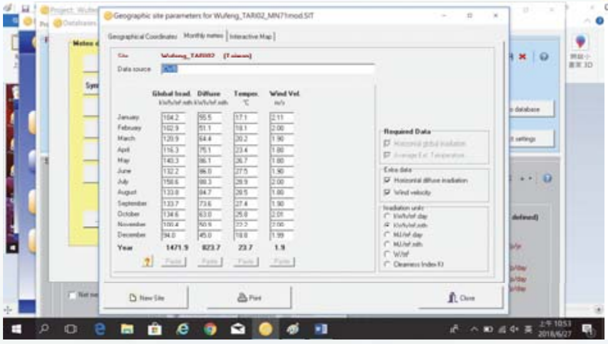
- 在固定田間遮蔽率下，遮光率隨著立柱高度增加而降低，而光電板隨著角度增加，遮蔽率也隨之增加。

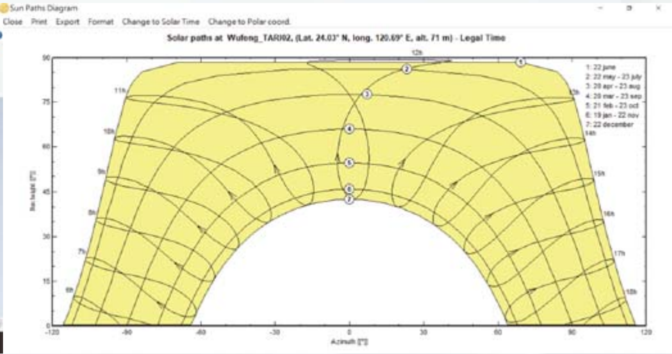
2

PV syst. 介紹

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會







3

參數設定

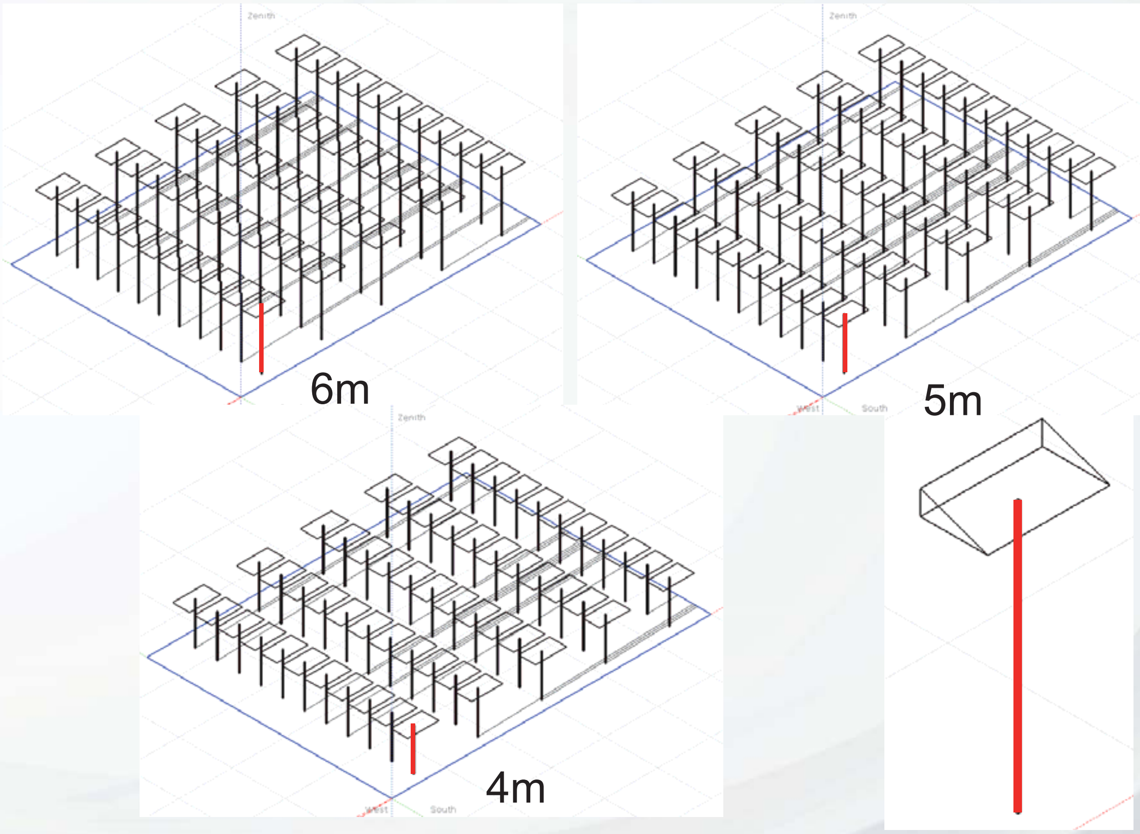
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 根據農業試驗所94號田區進行建模，田區長度為36.4m，寬度為27m。
- 立柱之規格為7cm x 7cm之正方形中空鍍鋅柱
- 遮蔽率30%、35%、40%、50%。遮蔽率:光電板總面積/田間面積
- 高度分別為4m、5m 、6m，立柱數量為55支
- 光電板角度以0 º、10º、15º、20º及23º進行建模

4

參數設定

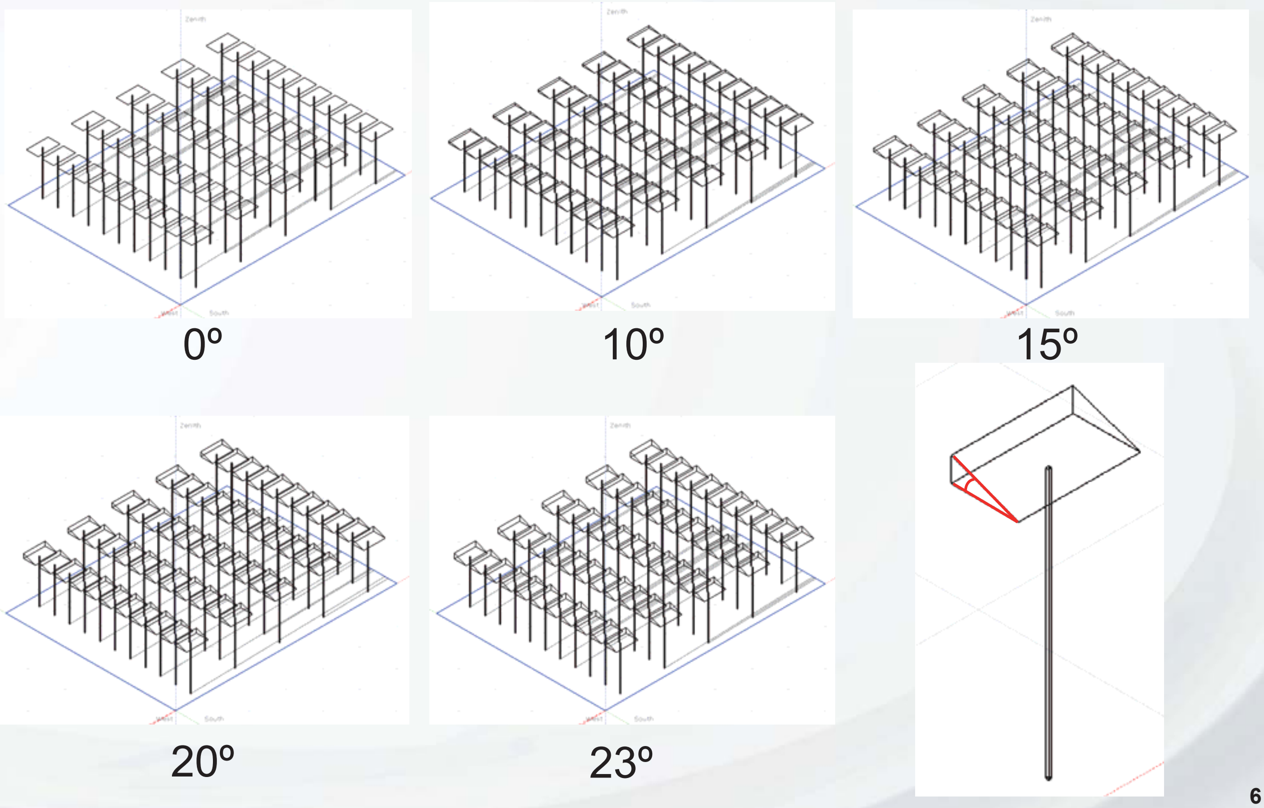
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



5

參數設定

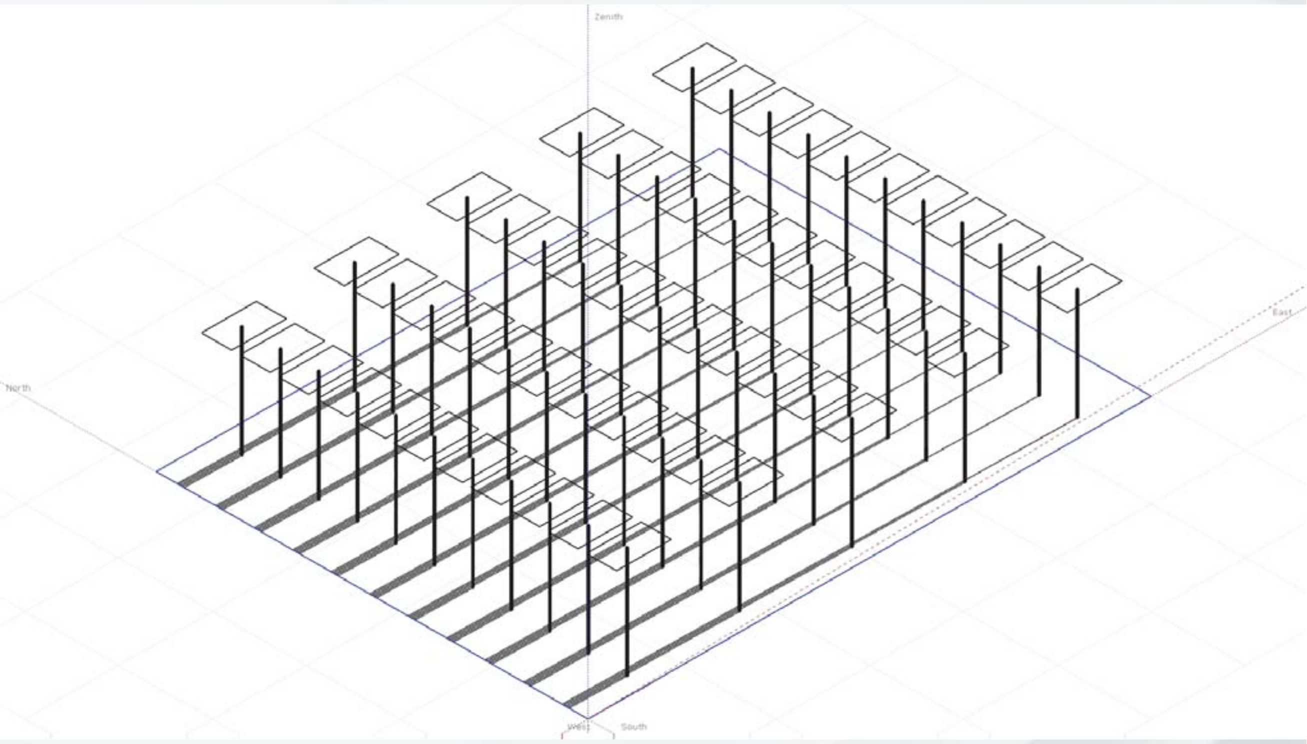
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



6

實際模擬:35%-6m-0º-春分

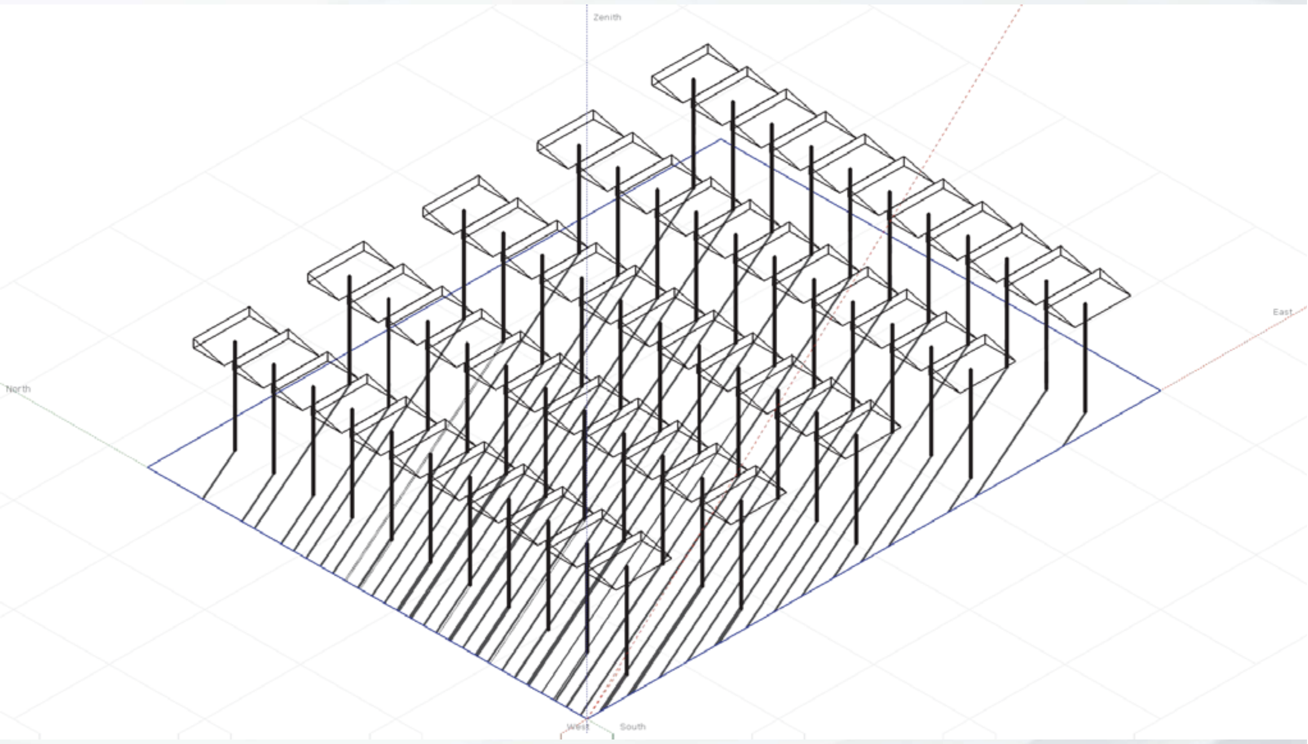
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



7

實際模擬:35%-5m-15º-夏至

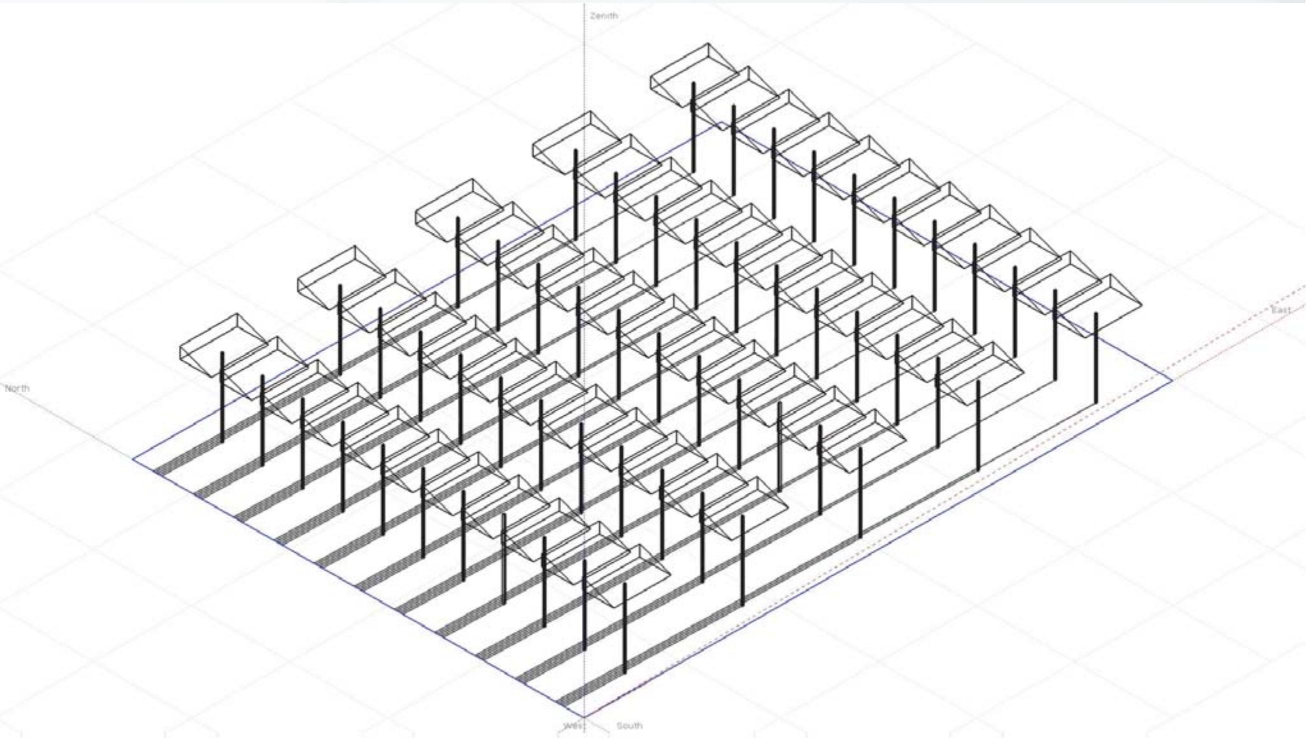
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



8

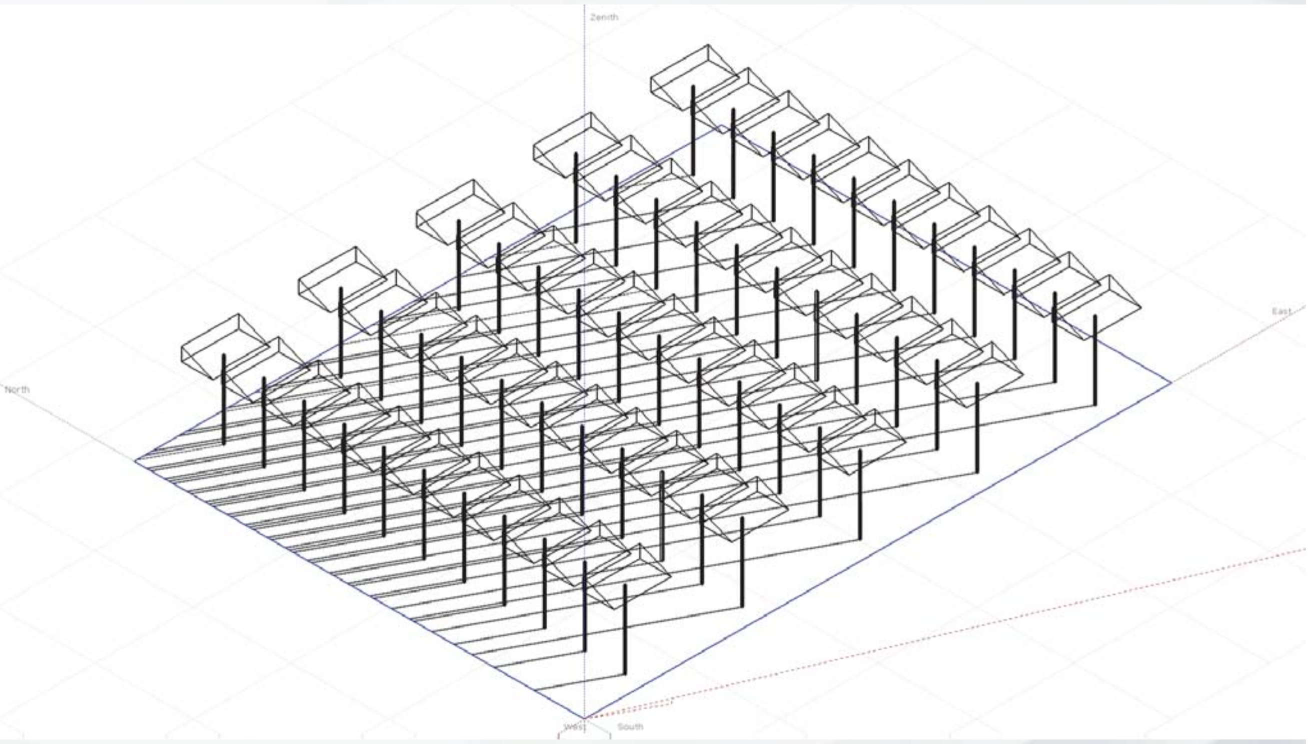
實際模擬:35%-4m-20º-秋分

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



實際模擬:35%-4m-23º-冬至

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



模擬結果

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表1. 35%遮蔽率於不同立柱高度與光電板角度之遮光率

	春分	夏至	秋分	冬至
4m	2/21	6/21	9/23	12/22
0°	28.0	29.3	28.0	23.7
10°	30.8	30.1	30.8	28.6
15°	33.2	30.5	32.2	30.2
20°	33.7	31.0	33.7	30.8
23°	34.7	31.2	34.7	31.2
5m				
0°	26.7	28.5	26.7	22.0
10°	29.3	29.3	29.3	26.3
15°	30.7	29.7	30.7	27.7
20°	32.1	30.1	32.1	28.2
23°	33.0	30.3	33.0	28.5
6m				
0°	25.8	27.9	25.8	20.4
10°	28.4	28.6	28.4	24.2
15°	29.6	28.9	29.6	25.4
20°	30.9	29.3	30.9	25.8
23°	31.6	29.5	31.7	26.1

11

模擬結果

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

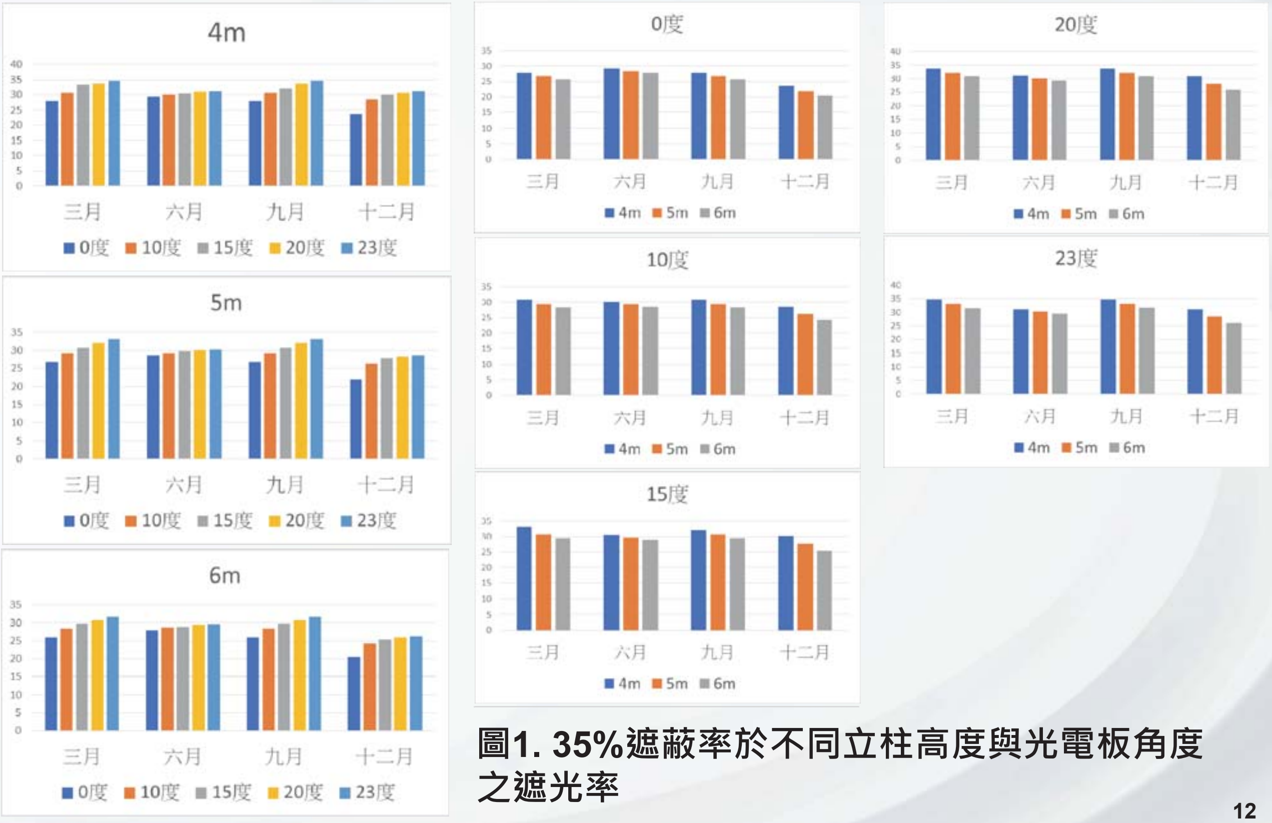


圖1. 35%遮蔽率於不同立柱高度與光電板角度之遮光率

12

結論

- 遮光率隨著立柱高度增加而降低，而光電板隨著角度增加，遮蔽率也隨之增加。
- 若要增加立柱下之光照量，則要增加立柱高度與減少光電板設立之角度，但也需考量到什麼樣的角度對於光電板獲取光有更佳的效益。故要先確保光電板的發電效益為主，然後用模擬的方式確保作物的生長；抑或是在確保做物能夠保持基本生長的情況下，利用模擬的條件試驗較佳的光電板發電效率。
- 若田間實測光強度能與模擬出來的數值相符，在未來只需要建立資料庫，便可以模擬結果，選擇合適的作物種類與栽培方式。

13

感謝聆聽　敬請指教

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

非營農型光電綠能設施
土壤管理與環境復育之研究

Research on Environmental Restoration and Soil Management of Solar Farms on Idle Agricultural Land

主講者: 蔡耀賢

機關(構)/單位：行政院農業委員會
農業試驗所農業化學組
生物技術組
應用動物組
植物病理組

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

營農型

非營農營型

2

- 非營農光電廠所需土地，以嚴重地層下陷區不利農業經營農地為最主要，目前農業委員會已經開放不利農業經營得設置綠能設施之農地，合計有2千餘公頃。

- 將不利農業經營之農業用地，公告得申請地面型太陽光電設置；惟其原則仍在於**良善之土地管理、維護農地仍能持續為農業使用**。

3

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 農業用地實際作農作、森林、養殖、畜牧、**保育**使用者；其依規定辦理休耕、休養、停養或有不可抗力等事由而未使用者，亦得認定為作農業使用。

- 因此非營農光電場必須要有適宜的**覆蓋管理方式**，使土地發揮生態服務功能及多重利用價值(如做為異地保種的復育基地)。

- **非自然生態保留區**

4

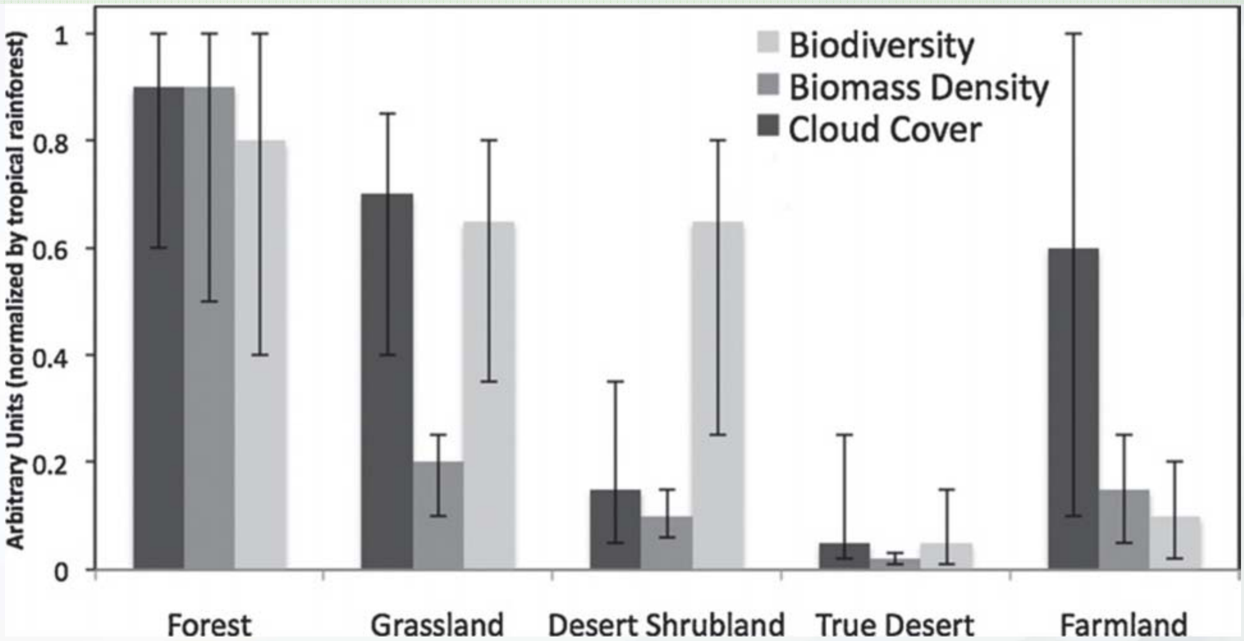
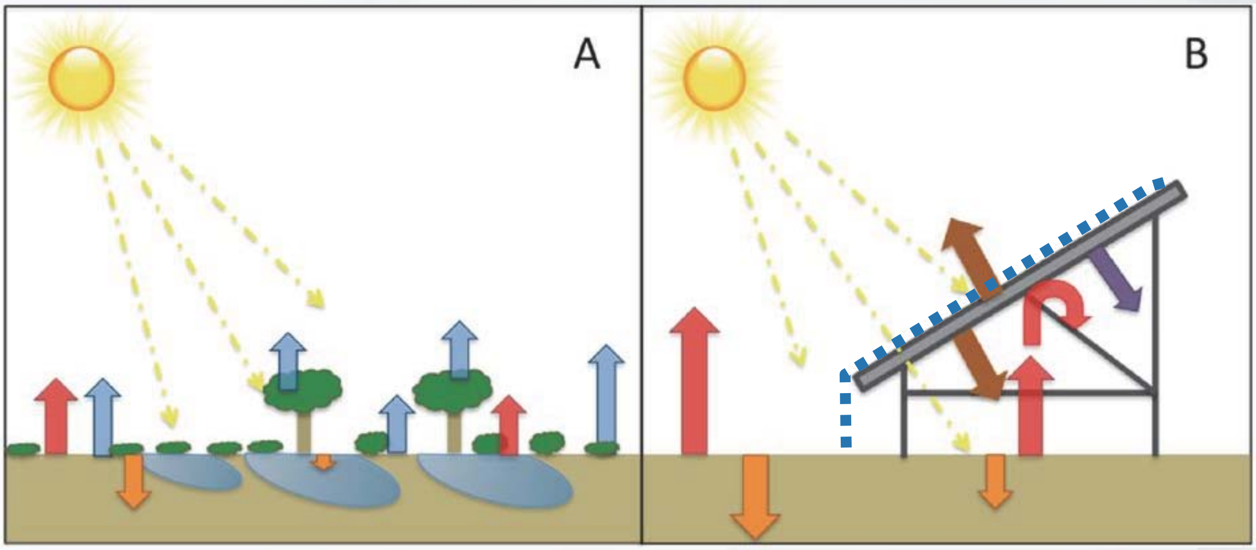


Fig1. Geographic parameters of top importance for environmental impacts during the installation and operation are shown. Values are normalized to those in tropical rainforests, which hold the greatest biodiversity, biomass density, and cloud cover. The error bars represent variability that occurs within a particular biome as the latitude or climate conditions change.

(Damon and Vasilis, 2011) 5

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

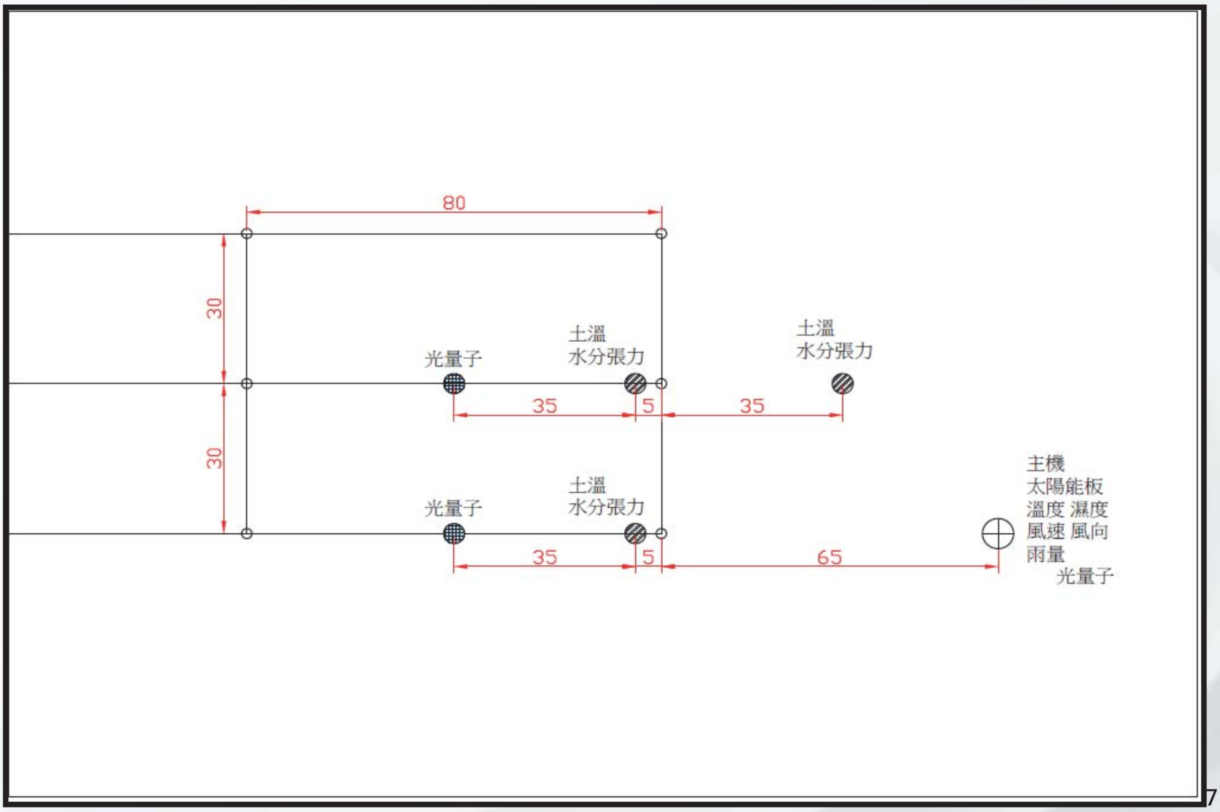


Assuming equal rates of incoming energy from the sun, a transition from (A) a vegetated ecosystem to (B) a photovoltaic (PV) power plant installation will significantly alter the energy flux dynamics of the area. Within natural ecosystems, vegetation reduces heat capture and storage in soils (orange arrows), and infiltrated water and vegetation release heat-dissipating latent energy fluxes in the transition of water-to-water vapor to the atmosphere through evapotranspiration (blue arrows). These latent heat fluxes are dramatically reduced in typical PV installations, leading to greater sensible heat fluxes (red arrows). Energy re-radiation from PV panels (brown arrow) and energy transferred to electricity (purple arrow) are also shown.

(Damon and Vasilis, 2011) 6

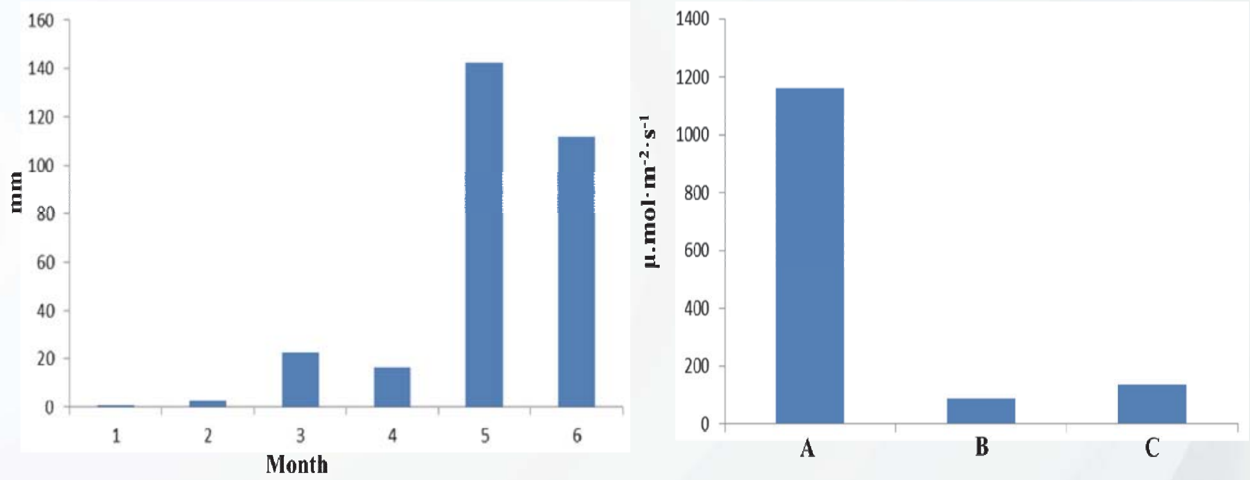
林邊案場田間資料收集站配置圖

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



7

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



光電案場108年月雨量分布(左)；光電板外部及下方晴天日射量(右)

8

現行管理方式

趕盡殺絕式的管理方式

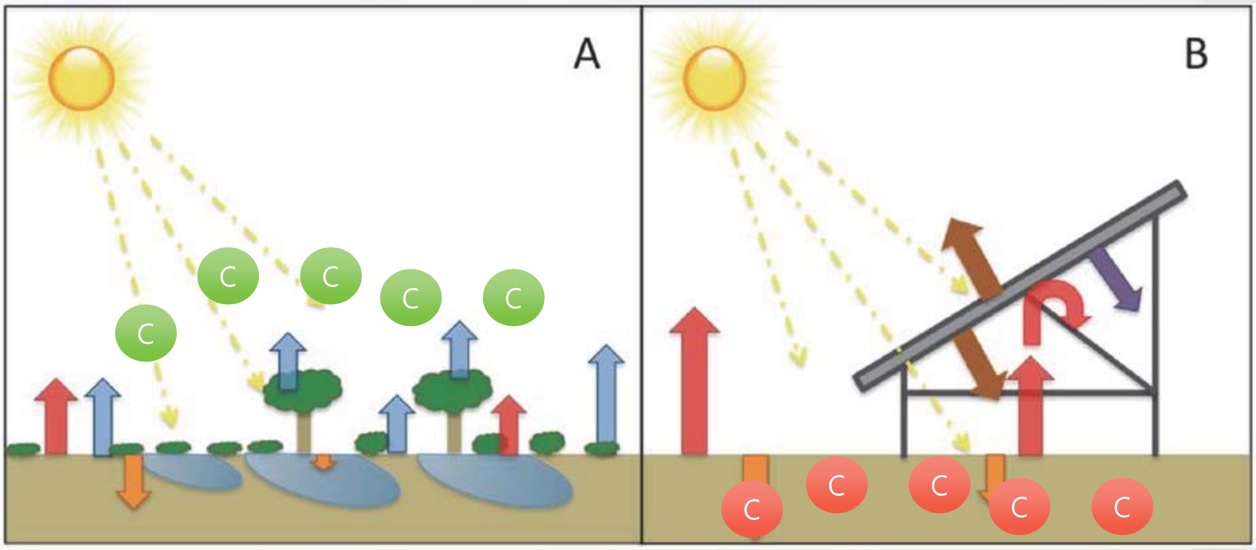
CO_2釋放

土壤生物
缺乏食物
及棲地

嚴重影響生態系統的運作

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

Sampling site	pH			O.M.(%)		
光電示範案場	0～20cm	20～40cm	40～60cm	0～20cm	20～40cm	40～60cm
2017/06/30 光電板下	7.9	8.0	8.1	0.40	0.24	0.40
2017/06/30 光電板外	8.1	8.0	8.1	0.44	0.26	0.61



Assuming equal rates of incoming energy from the sun, a transition from (A) a vegetated ecosystem to (B) a photovoltaic (PV) power plant installation will significantly alter the energy flux dynamics of the area. Within natural ecosystems, vegetation reduces heat capture and storage in soils (orange arrows), and infiltrated water and vegetation release heat-dissipating latent energy fluxes in the transition of water-to-water vapor to the atmosphere through evapotranspiration (blue arrows). These latent heat fluxes are dramatically reduced in typical PV installations, leading to greater sensible heat fluxes (red arrows). Energy re-radiation from PV panels (brown arrow) and energy transferred to electricity (purple arrow) are also shown. (Damon and Vasilis, 2011)

11

2019光電綠能設施之
農地利用成果發表會

建立植被管理

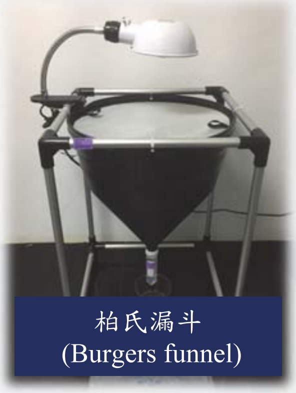
- 耐陰
- 耐鹽
- 耐淹水

建立土壤生態環境指標系統

- 土壤線蟲
- 土壤節肢動物
- 土壤微生物

建立土壤節肢動物生物多樣性之監測指標與監測方法

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



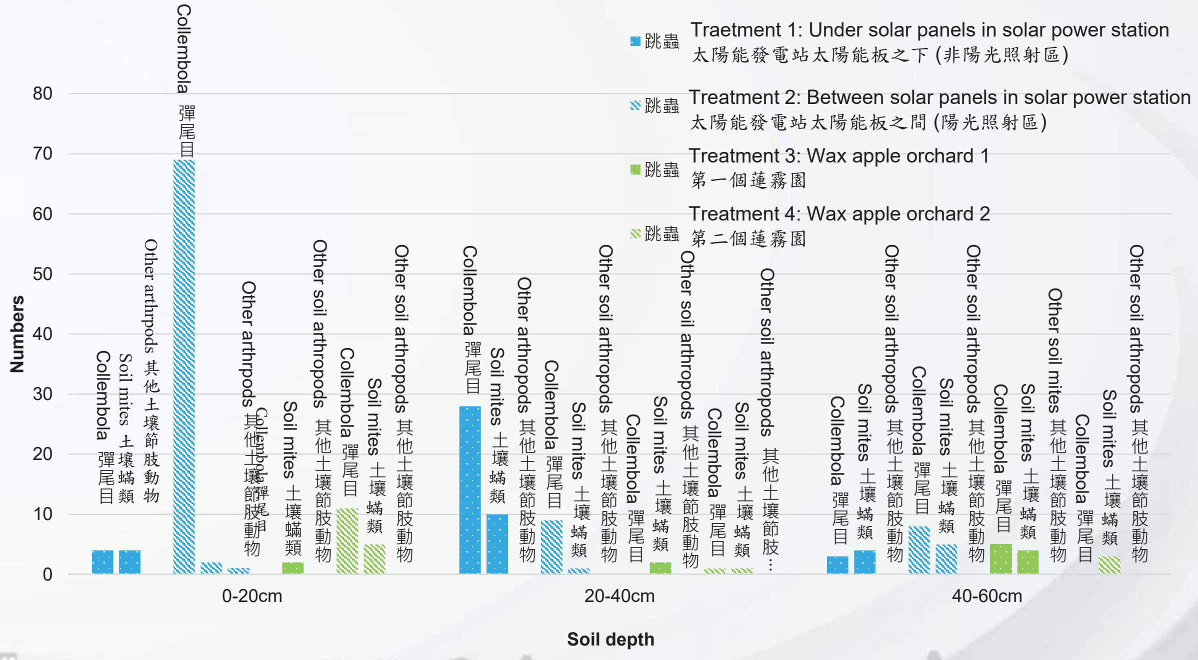
地上部植物節肢動物調查 –
目視觀察蟲體或危害狀，並攝影紀錄，然後掃網 (每種植物掃20次)

13

土壤節肢動物數量調查

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 非營農型太陽能光電設施案場之土壤節肢動物豐度-彈尾目昆蟲為光電設施場域的優勢昆蟲具作為指標生物類群的潛力。



14

光電設施場域是否為害蟲潛藏的場域

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 案場調查-自107年10月至108年1月間調查馬蹄金和「自然長出雜草」的植食性昆蟲，自然長出的空心蓮子草、體腸有常見的楚南氏小葉蟬　，此種葉蟬的寄主植物範圍相當廣，設施外的多種作物或非作物皆為其寄主，因此不會成為鄰田的農作物害蟲污染源。

15

光電板下土壤DNA量少質差降解嚴重

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

Open field　　　　　　Under panel

0-20　20-40　40-60　0-20　20-40　40-60

	ng/μL	260/280	260/230	Qubit	Amont (μg)
Open field (0-20 cm)_1	46.94	1.84	1.63	43.8	3.29
Open field (20-40 cm)_1	29.42	1.93	1.81	28.5	2.94
Open field (40-60 cm)_1	15.49	1.79	1.54	14.5	1.08
Under panel (0-20 cm)_1	2.04	1.53	0.60	2.41	0.14
Under panel (20-40 cm)_1	2.14	0.99	0.23	1.62	0.15
Under panel (40-60 cm)_1	2.40	1.44	0.42	3.23	0.16
Open field (0-20 cm)_2	33.81	2.04	1.38	31.1	2.37
Open field (20-40 cm)_2	37.83	1.85	1.46	25.8	2.65
Open field (40-60 cm)_2	21.31	1.82	1.12	14.0	1.49
Under panel (0-20 cm)_2	6.85	2.43	0.59	2.44	0.34
Under panel (20-40 cm)_2	7.16	1.95	0.62	2.20	0.35
Under panel (40-60 cm)_2	6.45	2.04	0.61	2.74	3.22

16

屏東非營農型光電綠能設施下不同深度土壤之細菌、真菌和放線菌群落數量

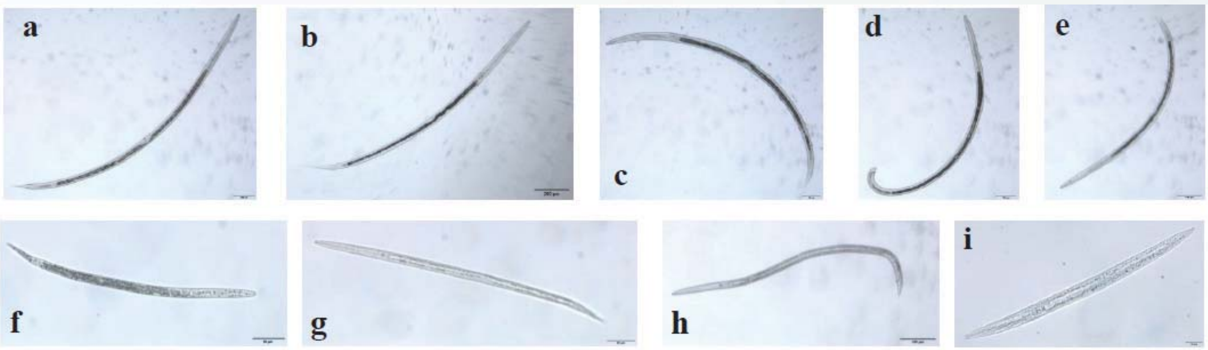
Bacteria, fungi and actinomycete numbers in the different deep soils for the photovoltaic plant on the unsuitable agricultural land in Pingtung.

	Bacteria($x10^6$/g)		Fungi($x10^2$/g)		Actinomyces($x10^4$/g)	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
光電板周　邊	6.08± 0.02a	6.17± 0.03a	5.09± 0.12a	5.00± 0.11ab	5.12± 0.09c	5.94± 0.05b
光電板遮　蔽	5.56± 0.04b	5.88± 0.02c	5.00± 0.08a	4.86± 0.04b	5.74± 0.05b	4.92± 0.09c
無光電板	6.05± 0.03a	6.05± 0.03b	5.19± 0.08a	5.19± 0.08a	6.29± 0.01a	6.29± 0.01a

17

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

立體化柏門氏漏斗



a:*Mesodorylaimus* sp. ； b:*Laimydorus* sp. ；c :待鑑定線蟲； d:Predatory nematodes male；e: Predatory nematodes larva；f: *Meloidogyne* sp. ；g-h: *Panagrolaimus* sp. larva and male； i: Free living nematodes larva。

18

土壤線蟲分離與鑑定

非營農型太陽能光電設施案場之土壤線蟲相
2017年4月12日的採樣觀察到腐生性線蟲；土樣平均線蟲量在光電板遮陰下的為0.3 個 ，在非遮陰下的為1.7 個(100g soil)。2019年4月3日的採樣則為3 個及17 個(100g soil)；除腐生性線蟲外亦有掠食性線蟲。

Soil depth/cm	Family	Genus	Nematodes	Number
00-20	*Dorylaimidae*	***Mesodorylaimus*** **sp.**	-	2
	Dorylaimidae	***Laimydorus*** **sp.**	-	1
	Dorylaimidae	待鑑定	-	1
	-	-	Predatory nematodes male	1
	-	-	Predatory nematodes larva	1
	Meloidogynidae	***Meloidogyne*** **sp.**	-	5
	Panagrolaimidae	***Panagrolaimus*** **sp. larva and male**	-	2
	-	-	Free living nematodes larva	4

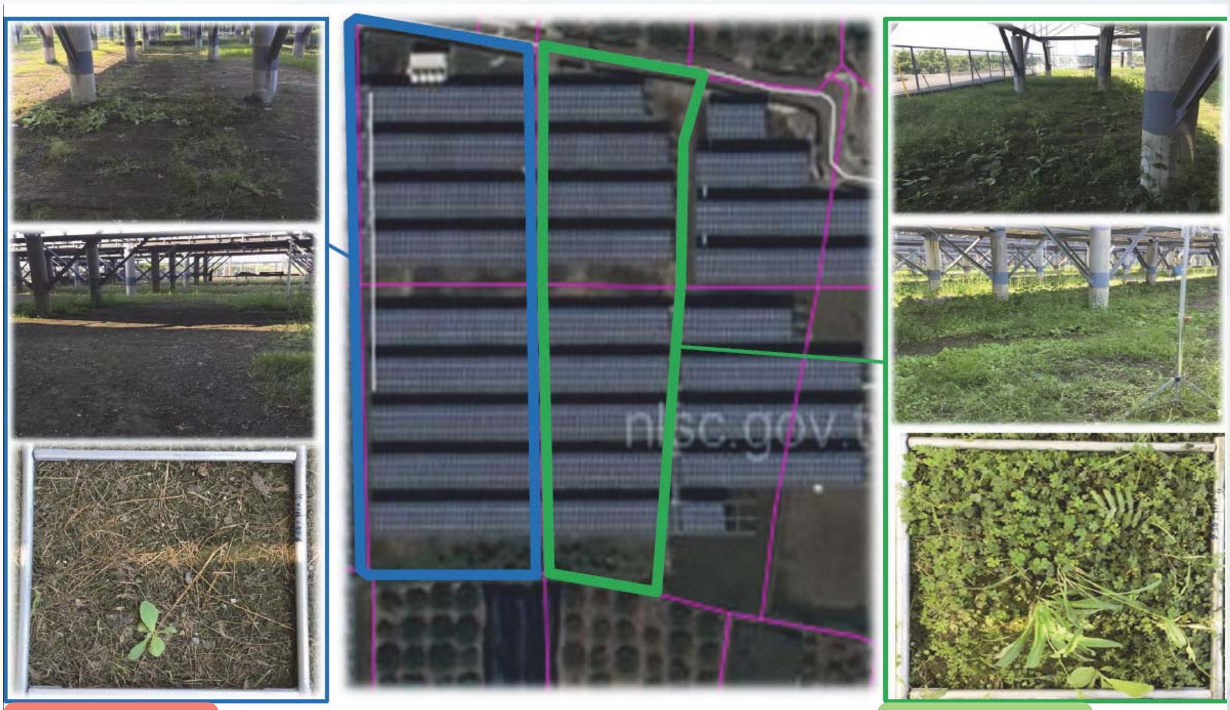
19

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

覆蓋作物	馬蹄筋	地毯草	蔓花生	心葉水薄荷	蕹菜	慣行管理
覆蓋率	65-78%	70-82%	65-74%	69-82%	45-65%	0-9%

20

不同的覆蓋管理對土壤品質之影響

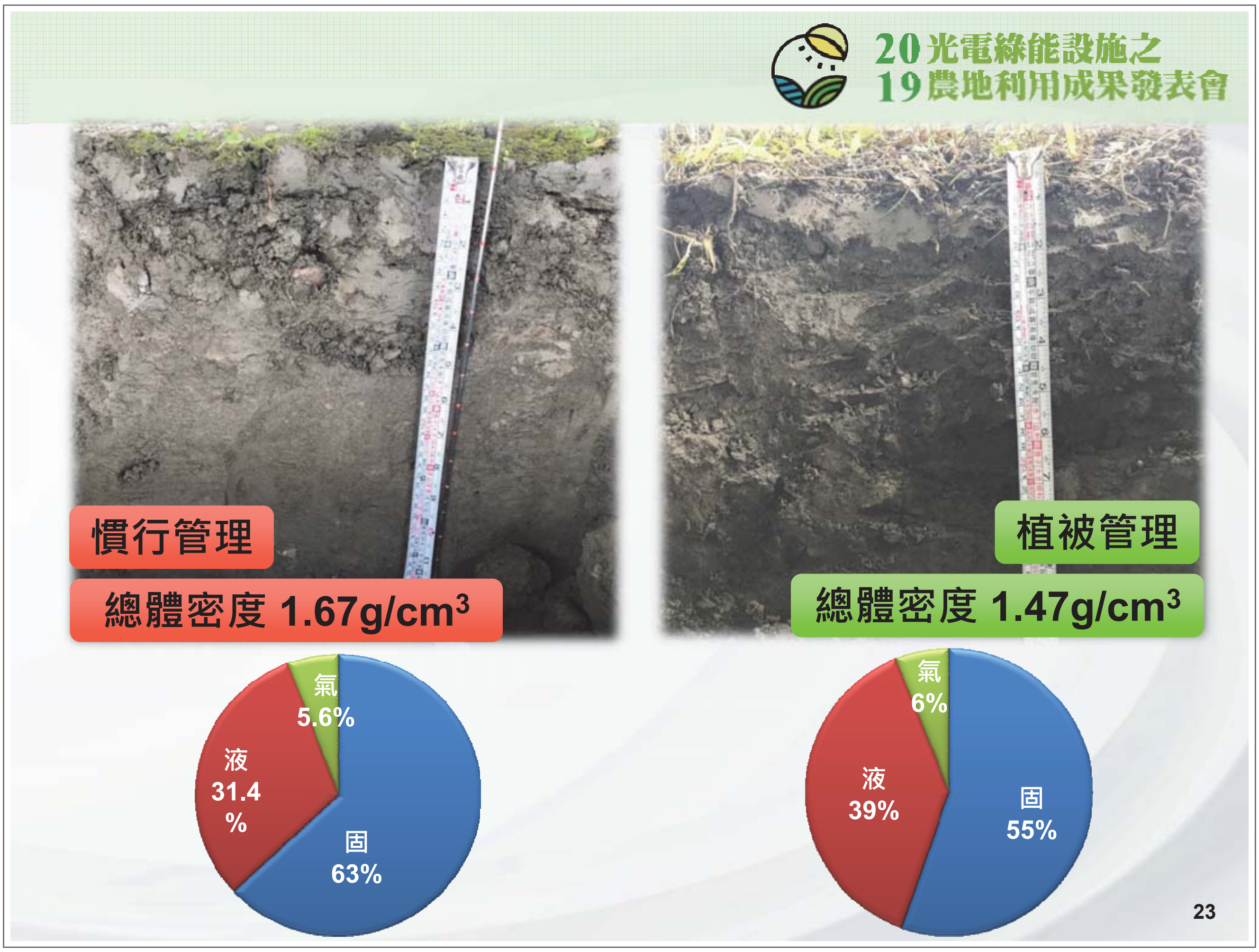


慣行管理

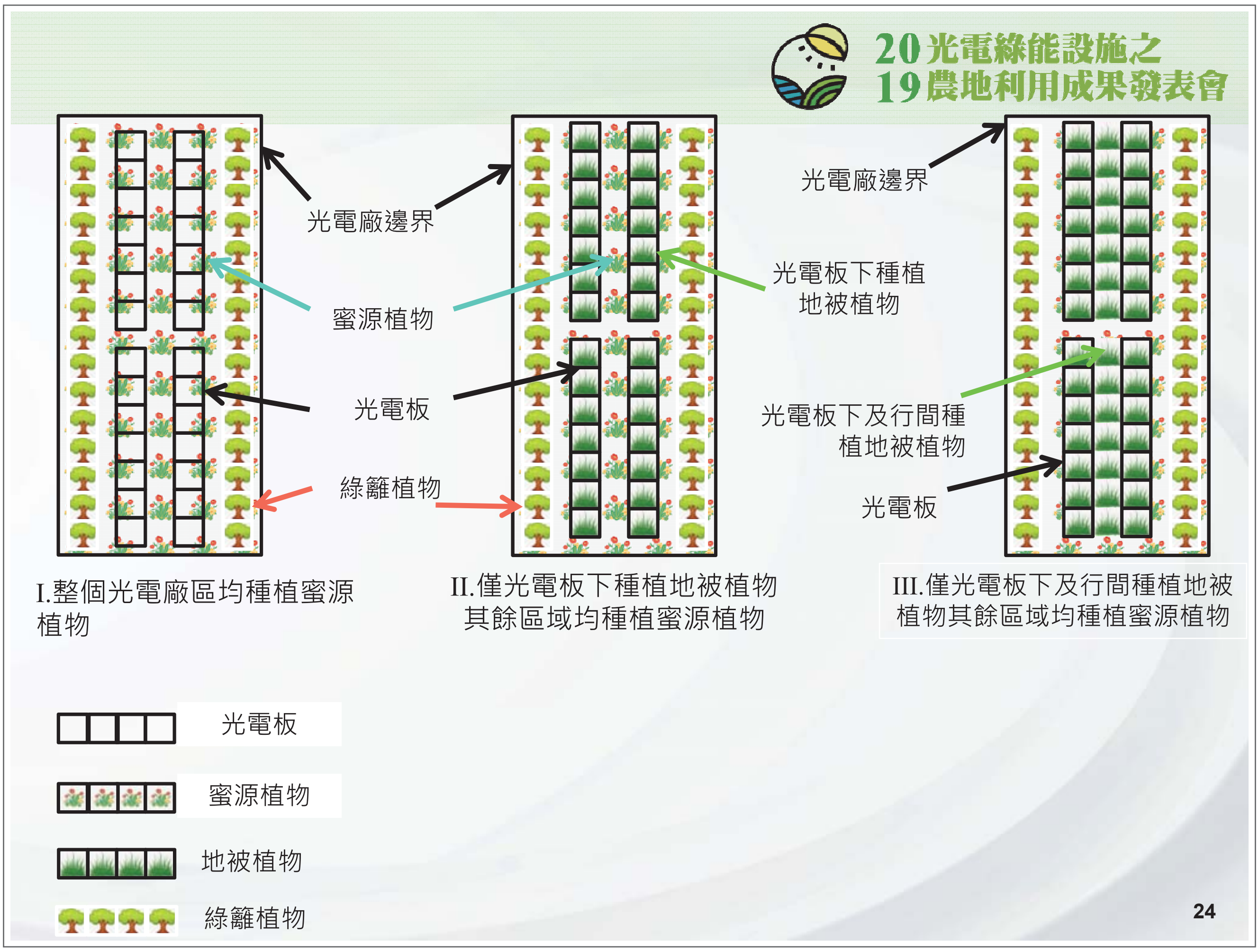
植被管理

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

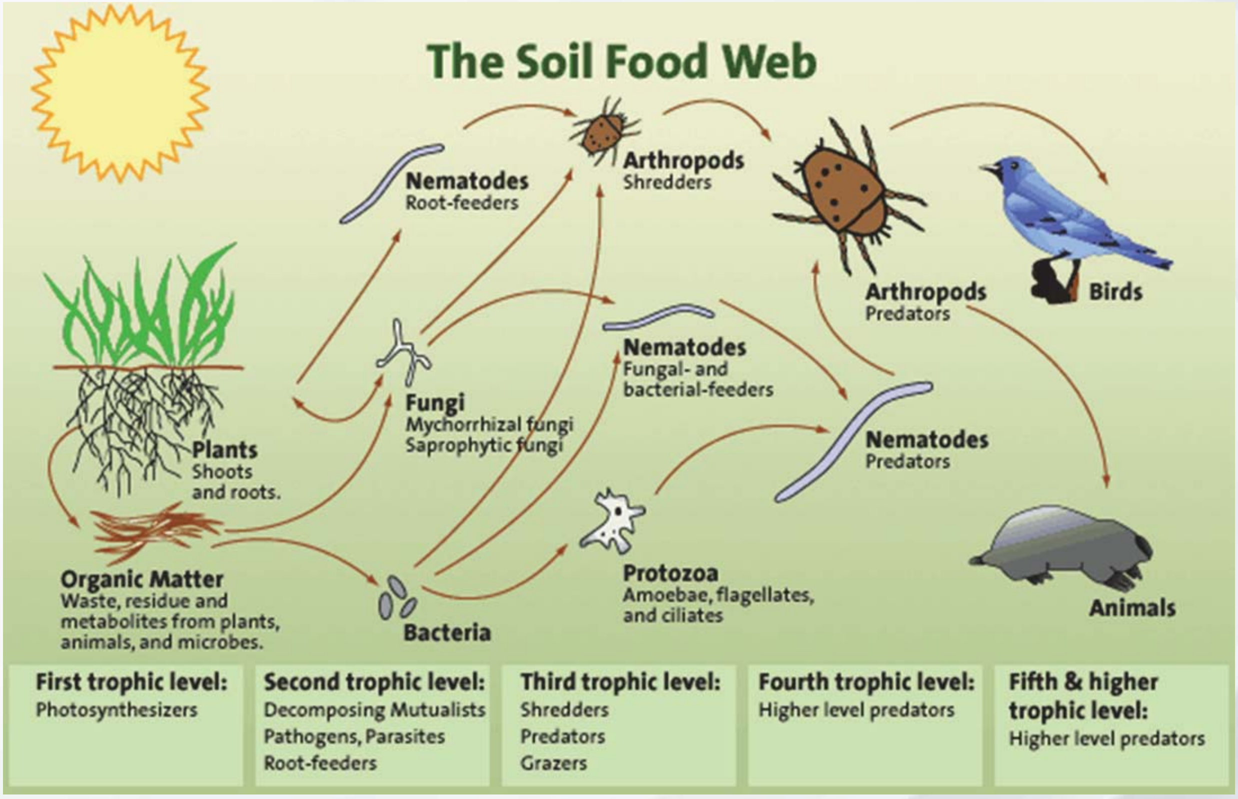
	1 -- 2 -- 3	4 -- 5-- 6	7 -- 8 -- 9	評分	
				覆蓋管理	慣行管理
地面覆蓋	＜50%	50～75%	＞75%	1	6
穿刺深度	不易刺入	<20cm	刺入 20cm	7	9
入滲速率	＞7min	3～7min	＜3min	1	1
生物多樣性	＜2 種動物	2～5 種	＞5 種動物	2	4
根系發展	幾乎沒細根僅在近土面	一些細根大多近土表面	全土層多細根	1	4
構造	主要是土塊或結皮，幾乎沒有團粒	一些土塊，許多＜1cm 的團粒	易脆裂成為＜1cm 的團粒	1	3
團粒穩定度	<1 分鐘，團粒消散	一分鐘後團粒保持完整	旋搖後團粒保持完整	2	4
蚯蚓	0～3	4～6	＞6	1	4
pH	＜5	5.5	6 to 7	9	9



20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會
慣行管理
總體密度 1.67g/cm3
植被管理
總體密度 1.47g/cm3
氣
5.6%
液
31.4
%
固
63%
氣
6%
液
39%
固
55%
23

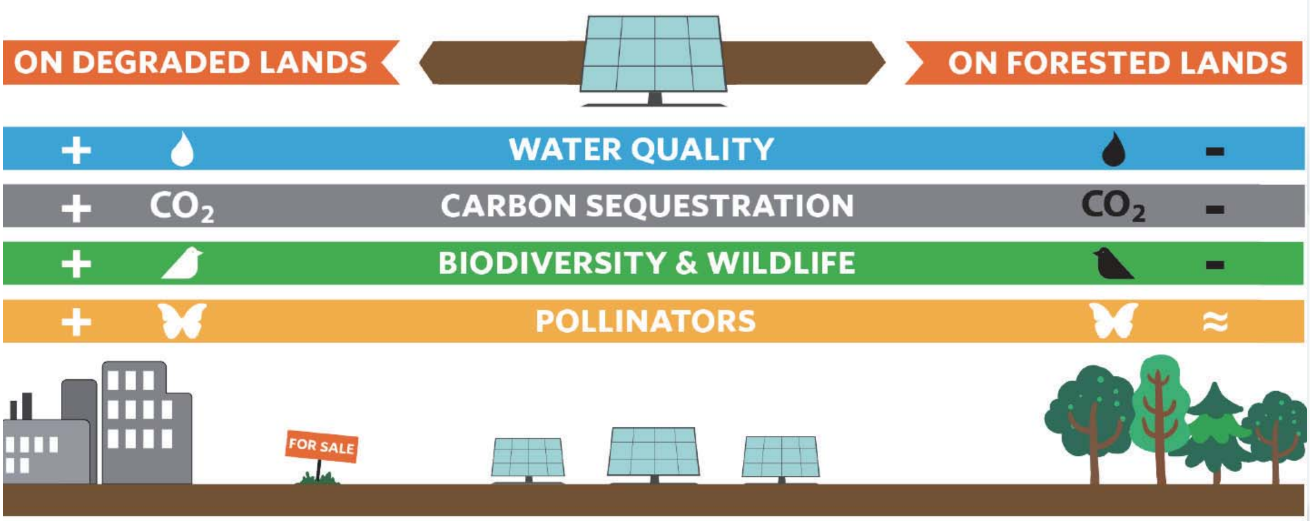


20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會
光電廠邊界
蜜源植物
光電板
綠籬植物
光電廠邊界
光電板下種植
地被植物
光電板下及行間種
植地被植物
光電板
I.整個光電廠區均種植蜜源
植物
II.僅光電板下種植地被植物
其餘區域均種植蜜源植物
III.僅光電板下及行間種植地被
植物其餘區域均種植蜜源植物
光電板
蜜源植物
地被植物
綠籬植物
24



https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Soil_Food_Webs 25

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會



26

感謝聆聽 敬請指教

2020光電綠能設施之
農地利用成果發表會

農業綠能產業應用趨勢探詢

Overview of the Application Trend of Photovoltaic Agriculture Industry

主講者：張峻齊
機關(構)/單位：財團法人農業科技研究院

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

主要大綱

01 再生能源發展趨勢
瞭解政策方向與農業能源需求

02 國際案例與推動概況
以日本推動農林漁村振興計畫為例，並配合案例介紹

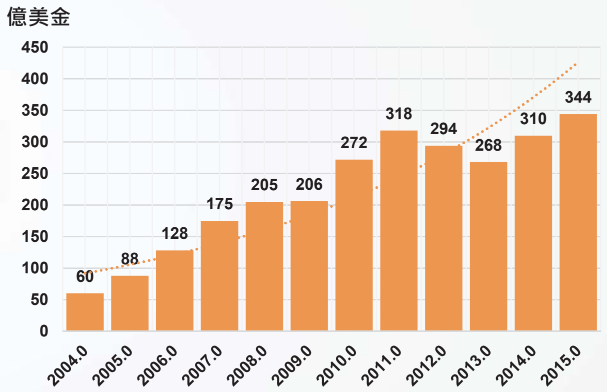
03 未來產業發展潛力
產業現況與發展潛力

2

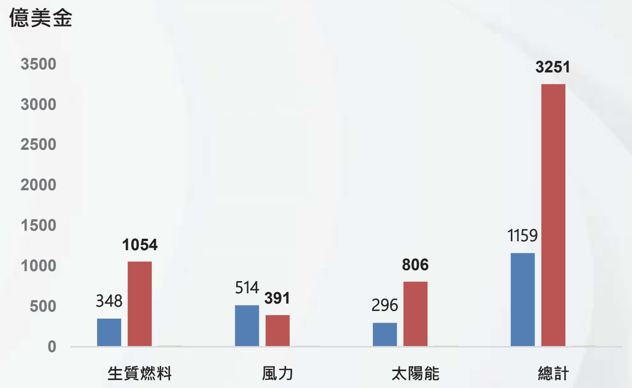
再生能源發展趨勢

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

全球推動綠能產業之發展現況與趨勢



全球綠能產業投資額狀況(2004-2015年)



◆ 儘管全球於2008年度後受金融海嘯衝擊，各國實質面經濟表現重挫，惟再生能源開發並未因此延滯，直至2015年已蔚為世界投資潮流之一。

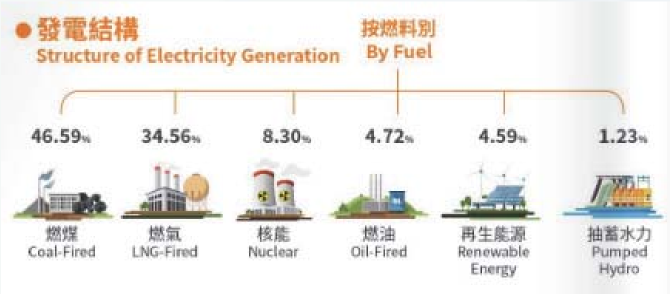
◆ **2006至2015年全球再生能源發電量年成長率將達4.07%** (由2006年的3.47兆度增加至2015年的4.97兆度)，超越同期全球電量年成長率3.13%；再生能源發電占全球發電量的比率將由2006年的18%增加至2015年的20%。**2008至2018年全球風力、太陽能、生質燃料及等再生能源之發電量，平均年成長率達10.9%**。

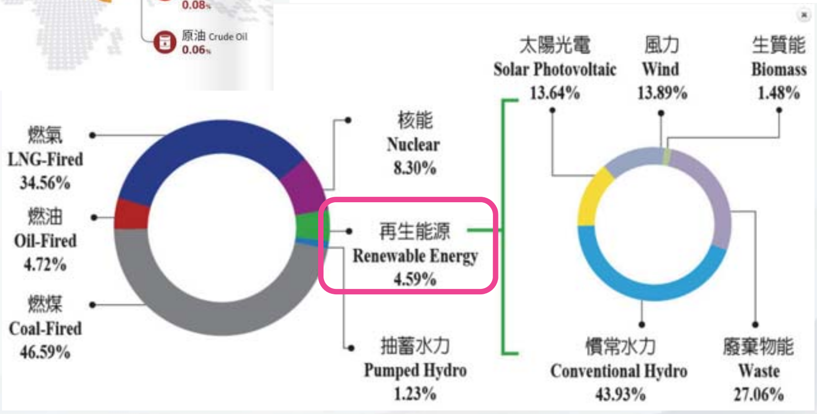
3

再生能源發展趨勢

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

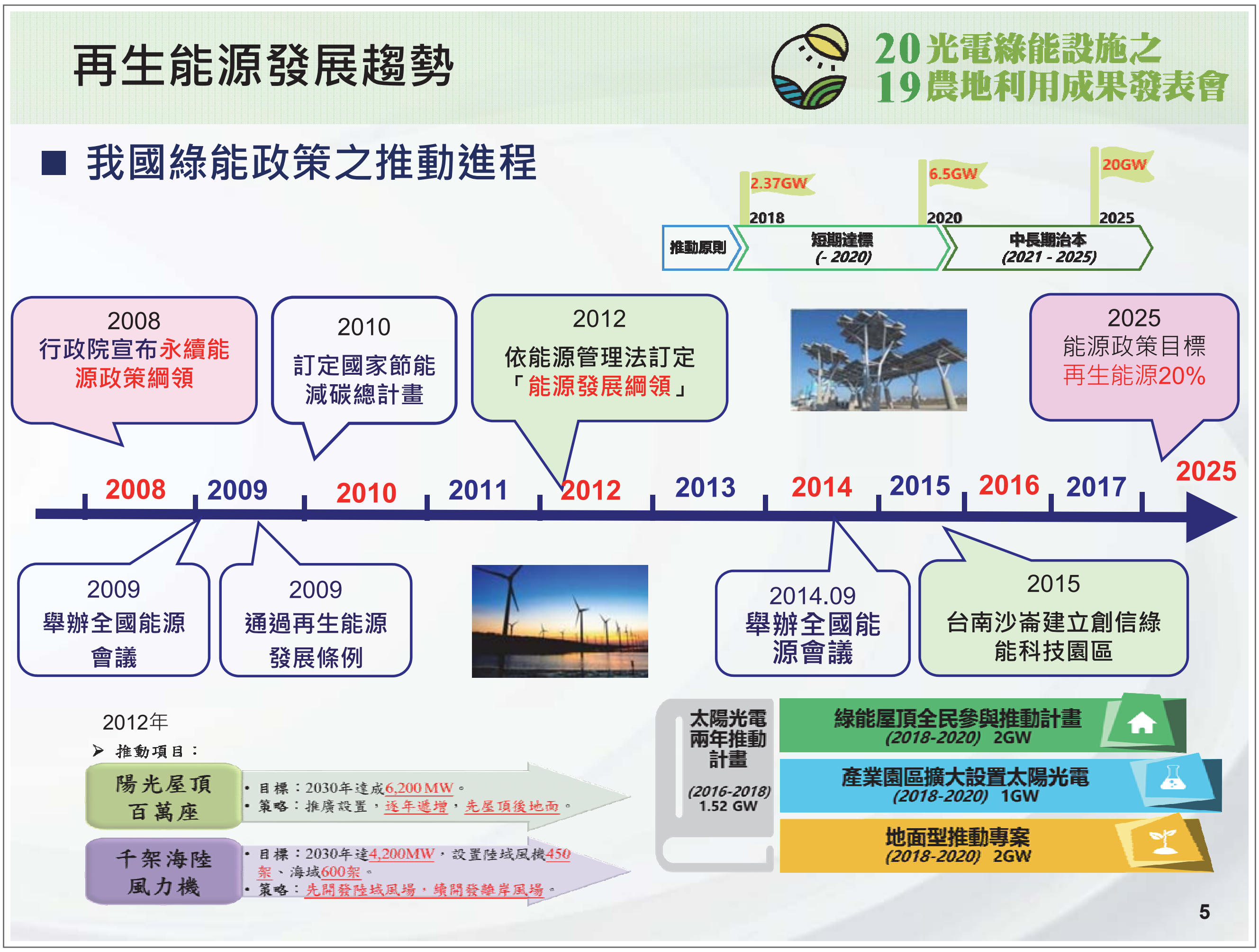
我國能源供給發展概況

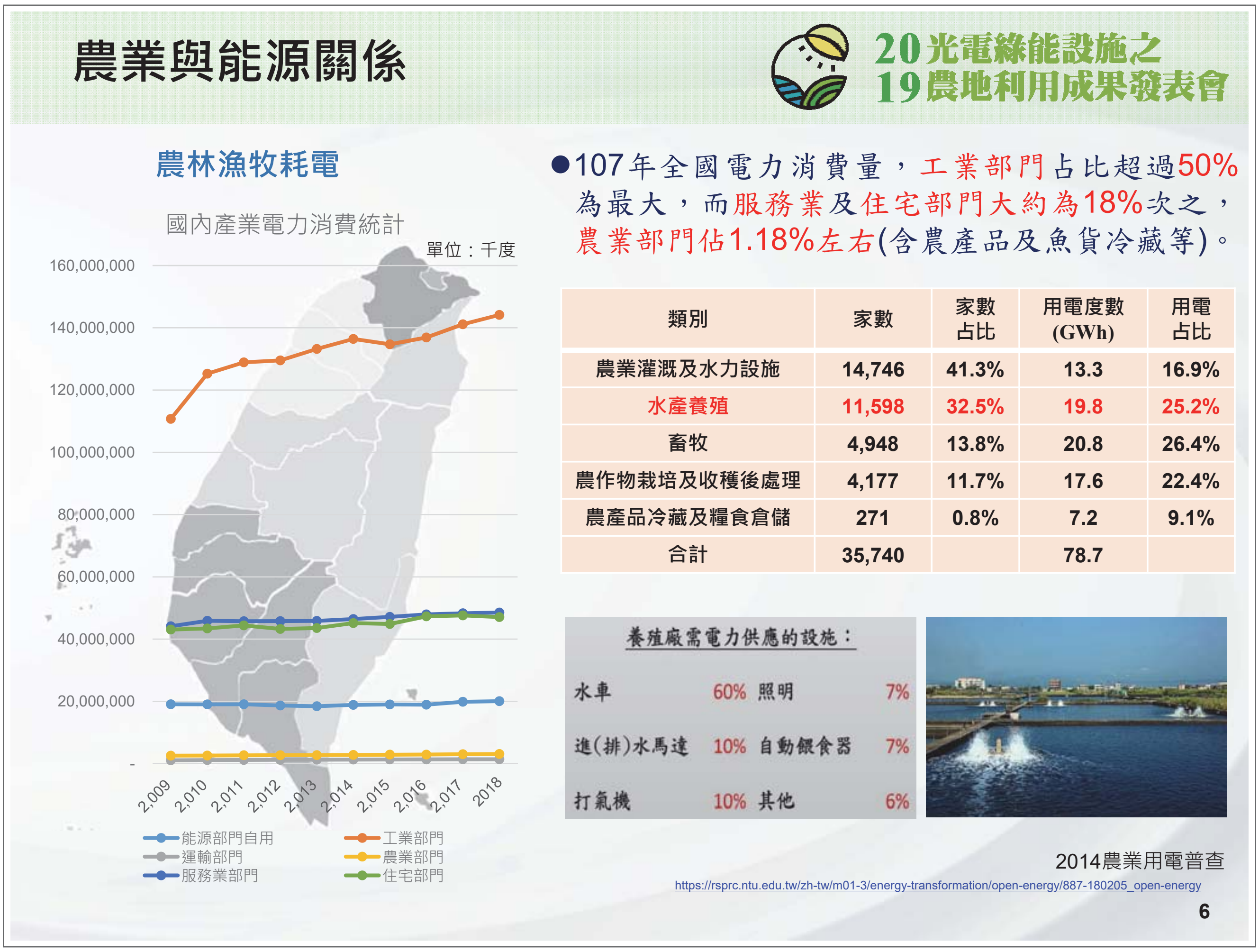




資料來源：經濟部能源局107年能源統計手冊

4





類別	家數	家數占比	用電度數(GWh)	用電占比
農業灌溉及水力設施	14,746	41.3%	13.3	16.9%
水產養殖	11,598	32.5%	19.8	25.2%
畜牧	4,948	13.8%	20.8	26.4%
農作物栽培及收穫後處理	4,177	11.7%	17.6	22.4%
農產品冷藏及糧食倉儲	271	0.8%	7.2	9.1%
合計	35,740		78.7	

農業與能源關係

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

2017年電力消費較2012年成長。經濟部表示，主因農業朝向**精緻化生產**，致使電力設備使用增加，包括**空調、冷凍冷藏、保溫、抽水、增氧設備**等，反映農業生產型態逐漸精緻化，農業科技環境控制設備應用普及趨勢。

綠能引進農村經濟

- 結合**沼氣發電**與**太陽光電**等再生能源利用案例逐漸增加，反映農業生產型態逐漸**精緻化**，農業**科技環境控制設備應用**普及趨勢。
- **沼氣發電部分**：透過導入回收農業廢棄物（如禽畜糞尿）進行厭氧發酵產生沼氣，並利用作為發電或產熱之燃料，實現農業資源循環再利用。
- **太陽光電結合**：農戶透過於農舍屋頂埤塘、水庫等裝設太陽能板發電自用，並將餘電躉售台電公司，善用閒置空間，增加農戶收益。

節能省電意識抬頭

- 農戶節能意識部分：
  -農牧業僅**14.4%**用戶採行節能措施，其中有九成以上的措施採以**資源循環利用**為主，其次為**生產機械設備器具汰舊換新**（6.9%）

  -**養殖漁業**則有**18.2%**用戶採行節能措施，其採行措施亦以資源循環利用比例最高（占55.6%），另採行生產機械設備器具汰舊換新比例達35.7%，顯著較農牧戶為高。

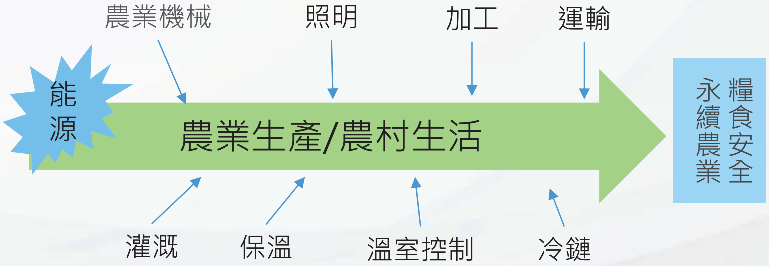
資料來源：2018年度「農業部門能源消費」調查

7

農業與能源關係

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- 再生能源定義—
  太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源。
- **生質能**：
  農林植物、沼氣及國內有機廢棄物直接利用或經處理所產生之能源。
- **地熱能**：
  源自地表以下蘊含於土壤、岩石、蒸氣或溫泉之能源。
- **離岸風力發電**：
  設置於低潮線以外海域，不超過領海範圍，轉換風能為電能。
- **小水力發電**：
  利用圳路或既有水利設施，設置未達二萬瓩之水力發電系統。



8

農業與能源關係

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

農業與綠能共構之產業定義與範疇

應用範疇
- ✓ 舉凡農業/畜產/漁業生產區搭配綠能裝置(太陽光電設施與風力發電組等)。

禽畜牧 | 農糧/園藝 | 水產養殖

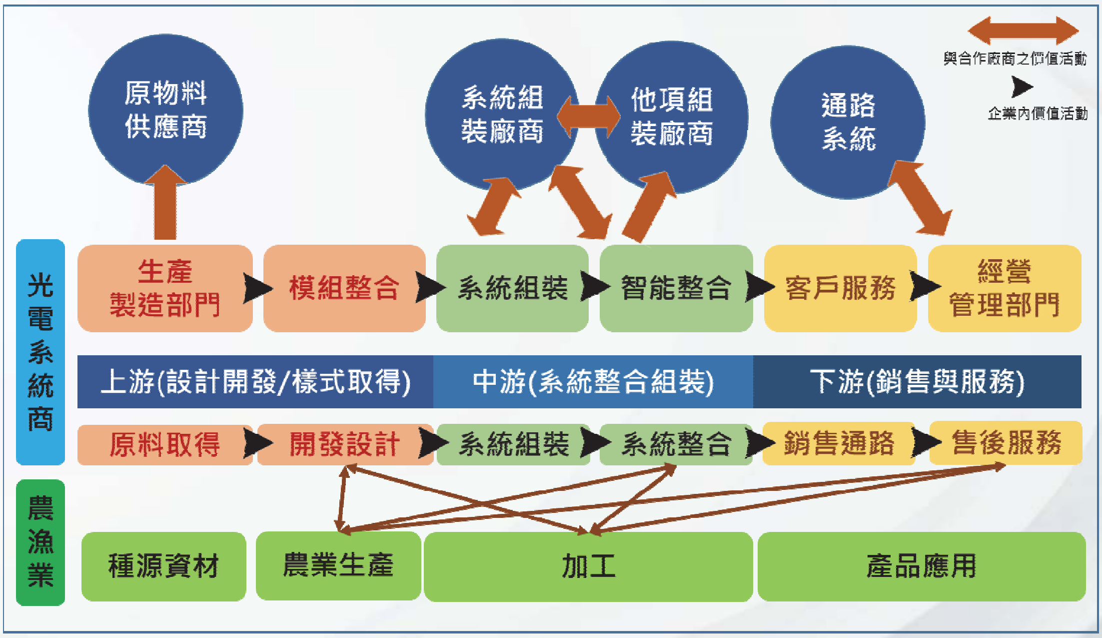
屋頂型模組 | 地面型模組 | 水面浮動型模組 | 離岸風機模組

9

農業與能源關係

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

農能共構之產業鏈架構與活動



10

日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

以日本推動農林漁村振興計畫為例

農山漁村電力發電推動之過程

隨著第二次世界戰後農林漁業的生產力增加，為改善生活環境，農山漁村地區推動電力系統之導入。近幾年來，由於地球環境保護與311東日本大地震所帶來教訓等背景下，推動再生能源法律體系。而隨著電力發電系統的改革與進步，未來電力發電也需因應環境變化採取相關配套措施。

2002（平成14年） 2012（平成24年） 2014（平成26年） 2016（平成28年）

農山漁村電力發電導入促進法 | RPS法 | 廢行 | 再生能源特別法 | 農山漁村再生能源法 | 電力零售全面自由化

○背景

農山漁村無電力供應或是無全面性供電，導致無使用照明的用戶數超過20萬戶。

○目的

為促使農山漁業的生產力提升及提昇農山漁村家的生活文化品質，導入電力至農山漁村家中。

基本方針

環境的變化

在特定期間和在一定的價格內，可販賣再生能源電力 → 應用所販賣再生電力能源之收益，以利農山漁村產業的振興與活性化

依照電力零售的自由化，只要經登錄，就可販賣電力 → 藉由電力的地產地銷之規範，以達成地區內的經濟巡環效果

【注意事項】降低太陽能發電的購買價格，重新審視FIT

導入電力至農村生活

再生可用電力能源之販售與供應 → 農山漁村所定位之目標為?

農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進による農山漁村の活性化に関する基本的な方針

11

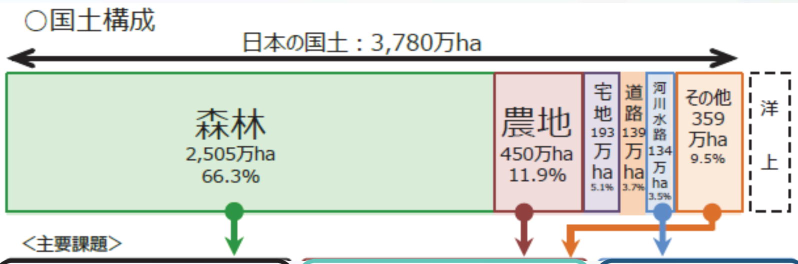
日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

傳統農村導入再生能源之潛力

- 日本大部分的傳統村莊，富含**森林資源（生物質）、水資源、土地資源**，作為可再生能源很有潛力。
- 從2012年7月實施**定額買入制度**，可再生能源獲益能力上升。傳統農村也有產生新收益的可能。

一定期間內保證以固定價格購買可再生能源發電的定額買入制度



基於資源含量及國土保全等角度，實施生物質（木質）發電及地熱發電。

在不影響食物供應機能的前提下，發展太陽能及陸上風力發電。

依據地理條件，發展水力發電或小型水力發電。

○ 傳統村莊可再生能源發電潛力

◆太陽能發電
・難以再利用的廢耕地面積：18.3萬公頃
假設全部設置太陽能發電設備
・年度發電量：1,347億kWh
◆利用農業水利設備的小水力發電
・年度發電量：8.9億kWh
(從未開發水力及已開發中小型水力發電量試算)
◆生物質（木質）發電
・閒置疏伐木年度產量：2,000萬m^3
假設全部都用於木質發電的情形。
・年度發電量：70億kWh

2017年度定額買入制度收費標準

電源(供應方式區分)		供應價格(不含稅)	買入期間
太陽光(10kW以上)		21 日幣/kWh	20年
風力(20kW以上)		21 日幣/kWh (2017年9月底之前 22日幣/kWh)	
小型水力(不到200kW)		34 日幣/kWh	
利用既有水道的小型水力(不到200kW)		25 日幣/kWh	
生物質(閒置梳伐木)	不到2,000kW	40 日幣/kWh	
	2,000kW以上	32 日幣/kWh	
生物質(甲烷發酵)		39 日幣/kWh	

12

日本農業綠能產業推動情形

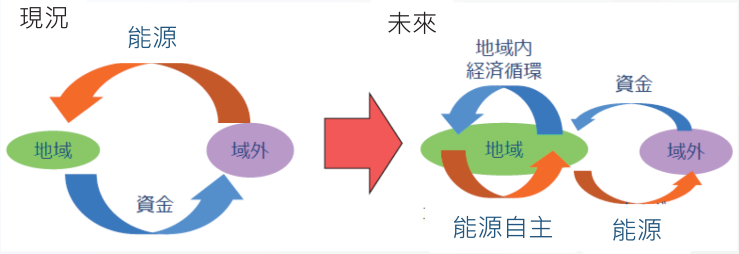
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

傳統農村導入再生能源之效益

○ 傳統村莊從可再生能源得到的好處是「經濟效益」跟「機能效益」兩者。
○ 活化傳統村莊，重點在於「經濟效益」跟「機能效益」的最大化及地區主體的自立。
○ 地區若要達到自主獨立，也不可忽略人口減少的應對措施。

經濟效益

- 提高農村經濟來源收入
- 降低石化燃料支出



- 農業，林業和漁民的收入增加
- 降低生產成本
- 提高農業價值

非經濟效益

- 擴大交流人口
- 創造就業
- 災害時自主供電
- 減少溫室氣體排出

(其中農林漁業部份)

＜家畜排泄物生物質＞
- 家畜排泄物妥適處理

＜木質生物質＞
- 透過疏伐整理山林

透過再生能源讓農村地區擁有能源經濟自主性與創造其他效益

13

日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

再生能源回饋農村

賣電收入

所得

支出

各項發電共通	資本費	發電裝置建設費
		連接費
		裝置報廢費用
	維運費	人事費
		修繕費
		土地的租金
		雜費(ex:損害保險)
		管理費
	租稅	物業稅
電源特有費用	生物質	燃料費

由於農村地區加入發電計畫，不僅得到新的收益，還可以運用這些收益，投資地方農林漁業成長。

地方產業可被納入建設體系中，提高地方經濟成長活絡

地主收益

市府收益

如何連結可再生能源收益與地區活化，是當前課題

14

日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

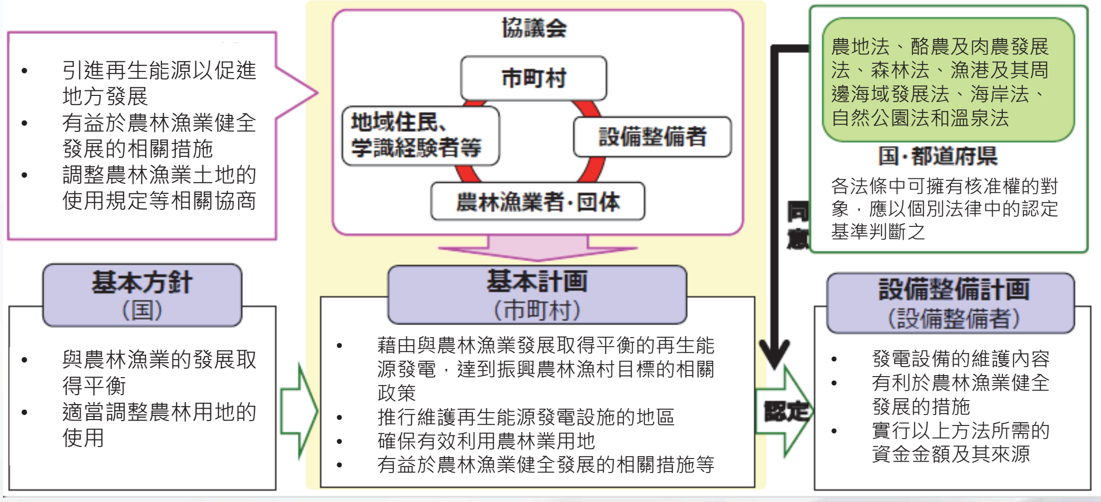
農林漁業可再生能源法大綱

- ◆ 為了避免農林漁村無法發揮供給糧食和維護國土完整等重要功能，除了適當進行農林業用地的調整外，重要的是必須引進再生能源和實行有益於促進地方農林漁業健全發展的措施。
- ◆ 在朝此目標努力的架構下制定的「有關與農林漁業健全發展取得平衡的促進再生能源發電法案」(農林漁村再生能源法)在平成25年11月成立，平成26年5月1日正式實施。

目標

因活用再生能源而促進農林漁村的發展

藉實行此法及相關預算、方法的靈活運用，在2018年度的目標是:全國有100個地區以上的農林漁村已開始朝活用再生能源的方向發展，並且全國有200個地區以上朝此方向開始著手努力。



15

日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

農村導入再生能源之施政要點

主要課題

- 給地方的回饋
- 土地相關使用協調(尤其是農林漁業的使用)
- 與地方達成共識及時機醞釀

對應方向

- 可再生能源收益給地方的回饋
- 活用地方未開發資源的可再生能源的推動
- 明確規範跟農林漁業應有的協調方式
- 推動可再生能源的自給率
- 妥善舉辦說明會，促進發電業者跟農林漁業者達成共識

目標型態

將再生能源產業與農林漁業健全發展之間取得平衡。

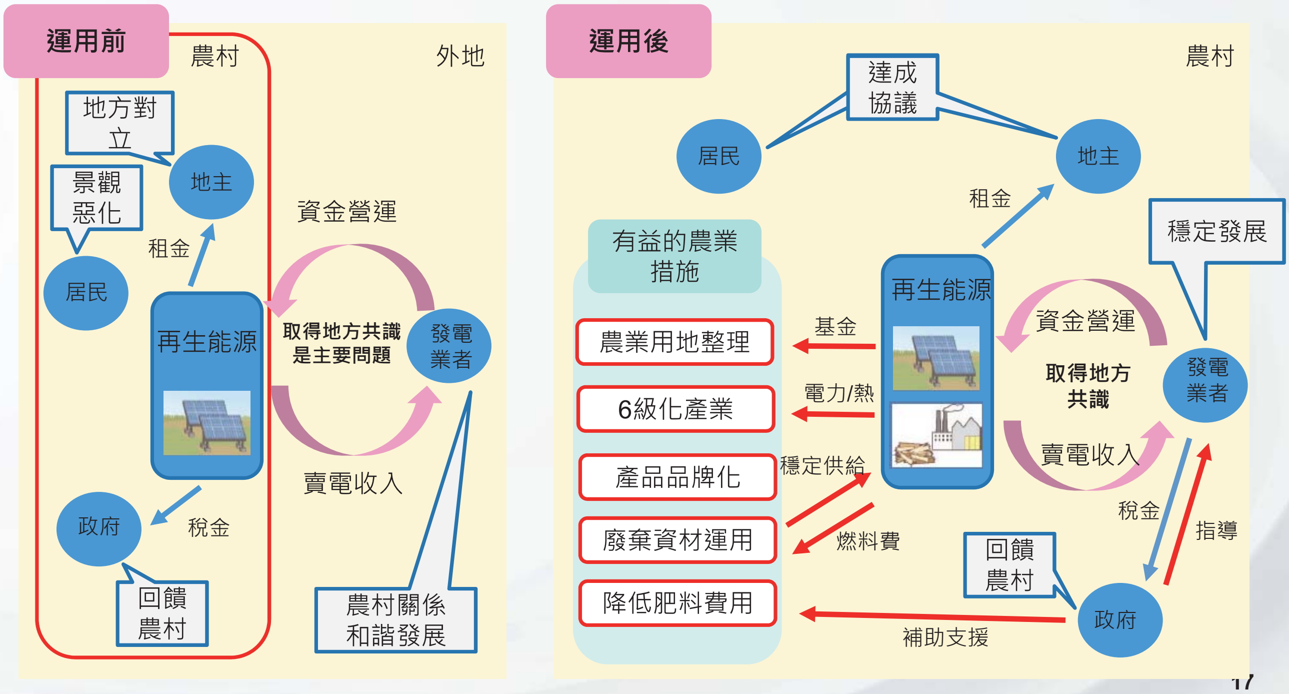
16

日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

農林漁業可再生能源法優勢

- 與地方各類相關人員組成的協議會協商，①可推動由**地方主導**的引進再生能源事業、②期待**地方達成協議**，圓滿展開新事業。
- 藉由地方的主導、①可促進**未使用地、低使用率土地**(含第一種農地)裝設再生能源發電設備，與鄉市鎮所期待的土地利用方式加以整合、②透過實行**有益於農林漁業發展的措施**，將再生能源發電所得的利益回饋給地方，可對地方有所貢獻。國家和各鄉鎮縣市也會協助支援。



17

日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

有益於農林漁業健全發展措施的範例

- 與再生能源事業一起推動有益於農林漁業健全發展的措施十分重要
- 關於相關推行措施的內容，應依照各鄉市鎮的情況分別制定具體辦法
- 利用再生能源事業銷售電力的部分收入，或是利用電力、熱能及其副產品進行加值

利用銷售電力的收入

- ◆ 整理農林用地
  -整理周邊農林用地
- ◆ 聚落的管理維護
  -村落的維護管理
- ◆ 基金的籌措
  -由各鄉市鎮建立並累積該基金，運用在振興農林漁業上。
- ◆ 捐贈
  -捐贈給農林漁業團體或地方的協議會，運用在振興農林漁業上。
- ◆ 改善農林漁業的經營
  -補助農業機械、資材費用
  -藉由發展產業多元化研發新商品、商品品牌化
  -以穩定價格收購未使用的間伐材。並以此費用投入森林的維護管理
  -補助承包各縣市政府承包砍伐間伐材的業者
  -補助部分的漁業保險或漁業公會等
- ◆ 農林漁業相關設施的維護
  -維修育苗設施、木材貯存場、農林水產品的加工設備、販售處、農民直營餐廳、農林漁家民宿、鳥獸咬傷處理設備等

發電-電力應用

運用在農林漁業設施上

- 所產生的電力可提供給農產品加工廠、酪農設施、鳥獸咬傷處理設備、冷凍冷藏設備等，以減少電費的支出。以節省電力能源所製成的商品或產地品牌化。

發電-熱能應用

運用在農林漁業設施上

- 將熱能供應給園藝或養殖設施，降低燃料費用。以節能商品或產地進行產品品牌化。

發電-副產品應用

運用消化液、堆肥

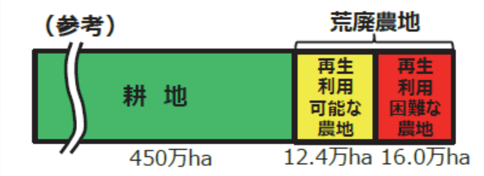
- 以低價格提供綠能發電產生的消化液或用剩餘材料製成的堆肥

18

日本農業綠能產業推動情形

再生能源-農業轉作土地選取標準

- 在不妨礙確保優質農地的前提之下，關於利用棄耕地等有益於振興地方農業的情形，在農地制度上，必須明確界定裝設再生能源設備相關方面的規範。



基於再生能源法的規定，再生能源發電設備維護區界定，應規範屬農用地地區不可列入(第一型農地)，而再生能源發電設備維護區中含有第一型農地時，以下土地可納入其範圍：

1. **難以再利用的荒廢農地(紅色)**
2. **在可能再度利用的荒廢農地(黃色)中，有不利於生產的條件、已有相當一段時間難以耕作、因難以找到願意耕作者，之後沒有耕作可能的土地**

[生産性の高い優良農地]

[小集団の未整備農地]

[市街地近郊農地]

[市街地の農地]

農業用地地區
(列入鄉鎮市的農業促進發展地區維護計畫之中)
應納入農業用地的區域
(禁止轉讓)
→ 不允許使用

未經整備的農地
→
第一型：原則上不允用
- 區塊農地
- 指定發展農地

第二型：土地條件不佳可
- 生產力低
- 未指定開發

第三型：原則許可
- 都市內農用土地

非農業振興地域
→ 市街畸零土地
(採申請制)

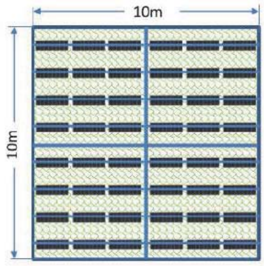
日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

營農型太陽能產業

近年來因新技術的研發，發展出以支架方式架設太陽能板，使農地在繼續經營農業的同時也能發展綠能，且已進入實用階段。重要的是需要確保太陽能板下方的農地是否能繼續進行**農業生產**，還有是否會影響的周邊的**農業經營**。因此在2017年未來投資戰略中，將此定位為「**討論促進農地有效利用及有利於提高農民所得的營農型太陽能發電發展策略**」

- ◆ **結合農業經營的太陽光電(營農型)，申請臨時轉用，由各地農業委員會核可**
- □ 暫時移轉許可的期限為**3年**。(若沒有問題的話可再續許可)
- □ 續發許可與否，會依移轉期間的**農業經營狀況**進行綜合性的詳細確認
- □ 若非裝設太陽能板造成之因素，影響到單位面積收成減少等，需詳細確認原因。
- ◆ **在發出暫時移轉許可時，需事先確認該地是否能確實且適當的繼續經營農業，以及是否對周邊造成影響**
- □ 在經營農業上是否確實適合繼續(收成及品質的確保)
- □ 能確保適合農作物生長繁殖的日照量設計
- □ 確保支架的高度不影響農機等設備使用(最低高度在離地面2公尺以上)
- □ 架設位置規劃，以不妨礙周邊農地有效利用的標準來界定。
- □ 經營者於3 年期間內，負有每年報告的義務，針對農作收穫情形等提出說明，需符合案場農地單位面積收穫量低於當年當地同一作物平均單位面積收穫量的8 成
- ◆ 核發暫時移轉許可的條件是: 每年有義務回報實際施行狀況、確認是否對農產品的生產產生妨礙**(如果在有嚴重影響的情況下，有撤除設備回復原本地貌的義務)**



農林水產省現未針對各農作物所需日照量訂定具體數據，惟隨營農型案件日漸增多，部分農作物的日照數據已有經驗可援引。

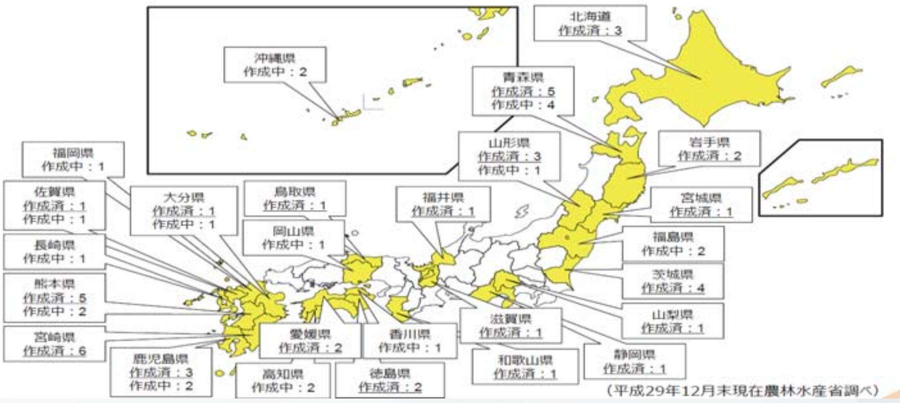
當在1平方米（100平方米）的土地上安排48塊100W的面板時，遮光率約為**30%**，發電量為4.8kW。 實際上，面板的佈置和板的數量將根據土地的形狀等而不同。

日本農業綠能產業推動情形

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

目前推廣設立情形

已完成基礎計畫	擬定基礎計畫中	基礎計畫擬定協商	有意願參與計畫
44	21	25	203



農地太陽光電設置許可實績

單位：件、公頃

財政年度		平成 23 (2011)	平成 24 (2012)	平成 25 (2013)	平成 26 (2014)	平成 27 (2015)	合計
農地轉用	件數	18	1,152	6,286	11,930	9,432	28,818
	面積	0.7	263.9	1,351.4	2,267.6	1,580.8	5,464.4
營農型	件數	--		97	304	374	775
	面積			0.2 (19.6)	0.4 (60.5)	0.6 (72.0)	1.2 (152.1)
合計	件數	18	1,152	6,383	12,234	9,806	29,593
	面積	0.7	263.9	1,351.6	2,268.0	1,581.4	5,465.6

註：營農型部分的設置面積，未括弧者為與立柱相接的農地面積，有括弧者則為太陽光電設備涵蓋的整體農地面積。

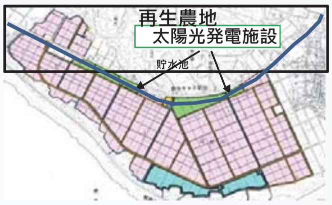
資料來源：農林水產省(附件一簡報)

21

農電共構案例介紹-廢耕地活化

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

廢耕地活化



発電施設の外觀

在再生農地上從事農業活動（施肥）

＜簡述＞

- 主要執行單位：ＪＡアグリ羽咋股份有限公司（石川縣羽咋市）
- 發電裝置：太陽能發電
  發電功率　2,000 kW
  產生電量　200 萬kWh/年
  發電事業佔地　3.2 公頃
- 建造費用：約６億１千萬日幣（含整地費用）
- 營運開始：2015年12月

＜特徵＞

- 位於世界農業遺產「能登里山里海」玄關口的石川縣羽咋市滝地區，大部分的農地處於**廢耕狀態**。為此，石川縣、羽咋市、ＪＡ羽咋股份有限公司與當地的土地所有權人協議，致力於廢耕地的再生。
- 除了把大部分可再利用的農地以田地整理事業來進行大規模的劃分與整備，也利用農地的中間管理單位蒐集可再利用農地的資料，提供給ＪＡアグリ羽咋股份有限公司等組織。並且在不會妨礙農業發展的地方設置太陽能發電設備。
- 賣電所得將用於支應農業經營相關費用以及當地的農業活動。

※農山漁村活性化再生可能エネルギー総合推進事業（H26）において発電事業構想の作成等を支援

22

農電共構案例介紹-山坡林地應用

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

地域特産品の白桃

＜簡述＞

- ◆ 主要執行單位：山本桃畑 代表：山本圭介（岡山縣岡山市北區）
- ◆ 發電裝置：太陽能發電
  發電功率 計 71kW
  產生電量 計 8萬6千kWh/年
  佐山1號發電廠（發電功率 20kW 營運開始日：2015年9月）
  佐山2號發電廠（發電功率 51kW 營運開始日：2016年6月）
- ◆ 建造費用：600萬日幣（1號發電廠）、1,500萬日幣（2號發電廠）

＜特徵＞

- ◆為讓從事農業的收入穩定，在農業（桃農）中加入太陽能發電事業。
- ◆佐山1號發電廠是將果園的一部分（斜坡）申請「農地臨時轉用許可」，設置一些使用簡易支架的發電裝置。
- ◆此外，為拓展發電事業，利用果園週邊的山林地，設置佐山2號發電廠。
- ◆為了不要造成農業經營上的困擾，皆在農閒期間施工，而且相關工程及鷹架架設都是在農家可自行施作的範圍進行，亦可減少建造經費。
- ◆今後、將以一邊利用賣電所得以達成農業經營的穩定，一邊透過廢耕地的再利用擴大經營規模、創造區域內的就業機會（栽培、收成、出貨），為這塊土地注入活水。

※農山漁村活性化再生可能エネルギー総合推進事業（H26）において発電事業構想の作成等を支援 23

農電共構案例介紹-青農導入

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

＜簡述＞

- ◆ 主要執行單位：千葉環保能源股份有限公司（千葉縣匝瑳市）
- ◆ 發電裝置：營農型太陽能發電
  發電功率 49.5kW
  產生電量 6萬9千kWh/年
- ◆ 發電裝置下方的農地：13公畝 （大豆的培育）
- ◆ 建設費：約1千6百萬日幣
- ◆ 營運開始：2016年4月

＜特色＞

- ◆ 發電事業由千葉環保能源股份有限公司負責，太陽能設備下的農業經營則由農業生產法人Three little birds（スリーリトルバーズ）有限公司負責。
- ◆ 有機栽培約13公畝的大豆田。產量確保跟地方產量相同。並規劃栽種麥子。
- ◆ 該公司除有當地年輕農家代表（２名）還加入了資深農家（２名）及農業新人（１名），確保發電事業20年間的農業經營。
- ◆ 千葉環保能源股份有限公司從政府公庫提供的融資進行資金調配。賣電所得約200萬日幣中，有8萬日幣給Three little birds作為委託耕作金。
- ◆ 今後亦考量使用**自家大豆、麥子來製作味噌或精釀啤酒等加工品**。

※農山漁村活性化再生可能エネルギー総合推進事業（H26）において発電事業構想の作成等を支援 24

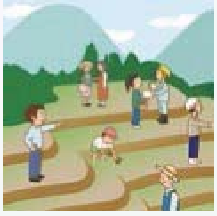
農電共構案例介紹-六級化應用

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

發電施設的外觀

＜簡述＞

- 主要執行單位：TomatoLand磐城有限公司（福島縣磐城市）
- 發電裝置：營農型太陽能
- 發電功率 558kW（固定式 ※）
  413kW（自動追隨太陽式）
- 產生電量 約130萬kWh/年
- 建造費用：1億9千日幣（固定）
  2億1千萬日幣（自動追隨太陽式）
- 營運開始：2014年10月



提供當地高中的
實習環境經費

・擴大生産
・６次産業化等の農業生産投資

＜特徵＞

- 營運費的一部分是利用政府補助事業的收益，剩下的由本有資金支付。
- 賣電所得：
  (1)投入栽種於太陽能面板底下的農作物等新的農業投資，以達到活化農業的目標。
  (2)一部分作為當地磐城農業高中實習環境的整建費用，以培育下一代的農業業者。
- 此外，與ＪＲ東日本合作成立了「ＪＲTomato Land磐城Farm股份有限公司」。2016年開始在太陽光利用型植物工廠栽種**蕃茄**，供貨給首都圈ＪＲ東日本團體的外食產業以及周遭的**6級化產業化設施**。

※地域還元型農山漁村再生可能エネルギーモデル早期確立事業（H24）において支援

25

農電共構案例介紹-市民參與應用

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

市民出資用營農型太陽能發電促成廢耕地再利用

＜簡述＞

- 主要執行單位：市民能源千葉有限公司（千葉縣匝瑳市）
- 發電裝置：營農型太陽能發電
  發電功率 49.5kW
  產生電量 6萬kWh/年
- 發電裝置方的農地：12公畝 （大豆、麥子）
- 建設費：約 1千5百萬日幣
- 營運開始：2014年9月

発電施設の外観

＜特色＞

- 為達成地區性的溫室效應因應措施，投入兼顧發電及農業的營農型發電。
- 透過縣內6個市民團體來創立公司。
- **於高齡化而廢耕之地**增加的地區，商借農地設置太陽能發電設備，並導入**面板認領制**，將每塊太陽能面板以2萬5千日幣賣給市民以調配資金。
- 下方的農地（12公畝）**栽種大豆或是麥子**。產量跟品質都跟周邊地區相同。收成的大豆跟麥就出貨給地方農產加工業者。
- 賣電所得部分回饋面板認領者，並建立支付農地所有者土地費用及支付耕作者委託耕作金的制度。
- 其餘的賣電所得除用於增設同樣的發電廠及廢耕地的再利用外，也規劃設立「**地區環境基金**」用於農地保全、地方振興及環境保護。

※地域還元型農山漁村再生可能エネルギーモデル早期確立事業（H24）において支援

26

農電共構案例介紹-其他應用

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

利用太陽能發電的酪農牛奶品牌化

- 為了成為酪農業中利用乾淨能源的先驅，一百多戶的酪農設置了太陽能發電裝置。
- 可在農舍內使用產出的電，平均每戶電費一年減少20萬日幣左右。並可賣掉多餘電力。
- 達成了太陽能的自產自銷，並減少二氧化碳的排放。
- 把利用太陽能發電製造的牛奶稱為「**環保牛奶**」進行推廣。生乳除了做為高級冰淇淋原物料、亦可提升於該地區的形象。

灌溉用渠道上方的發電設備

- 事業費由鳥取縣、倉吉市補助，不足部份向日本公庫貸款。
- 取得共識，從可立即著手的地方開始，不變更農地用途，直接在**灌溉用渠道**的上方架設全長約240公尺長的太陽能面板。

※農山漁村活性化再生可能エネルギー総合推進事業（H26）において発電事業構想の作成等を支援 27

未來發展趨勢

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- **如何兼顧綠能及農漁業發展**

➢ 土地資源有限，推動綠能能源政策時，影響農漁業用地的利用，農漁業土地的永續利用為重要課題。
➢ 透過科技研發新型態的農(漁)電生產共構模組，提出平衡能源政策與農業發展產生競爭的解決方案。

我國推動農/漁能共構產業模式仍存在的疑慮

28

農電共構模式推動-產業雙贏策略

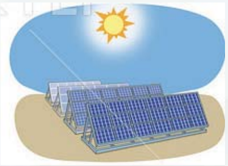
20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

生長栽培 → 收穫 → 冷藏儲運 → 農產品獲利

農業用電

- 智慧化農業灌溉及水利設施操作用電
- 智慧化農作物栽培及收穫後處理用電
- 節能農產品冷藏及糧食倉儲
- 水產養殖使用省電水車/智慧化養殖工事
- 室內智慧化養殖/AI大數據養魚技術導入
- 畜牧用電與飼養智慧化(餵食/健康監控/環境控制/冷鏈等)

綠能



+

- 穩定農業生產
- 降低電力成本
- 增加賣電獲利

29

網站情報介紹

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

農業資源與綠能趨勢網

http://arget.atri.org.tw

- 提供國內外產業資訊與發展趨勢
- 蒐集各國政策發展與產業推動資訊
- 產業議題蒐集與解惑
- 成果亮點與技術/產業需求關聯扣合
- 教學研究與人才培訓

歡迎加入會員
獲取最新資訊

目標對象

政府部門

產業團體

學研機構

社會大眾

30

感謝聆聽 敬請指教

31

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

農業綠能共構
人才供需調查及分析工作計畫

Surveillance of Manpower Demand and Supply for Photovoltaic Agriculture Industry

主講者：易秉蓉

機關(構)/單位：台灣農業科技資源運籌管理學會

計畫擬解決問題與作法

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

國家能源政策支持太陽能產業也已然成熟。然而為達成太陽光電長期目標為 2025 年 20 GW，農業結合綠能設施屬於新興產業類別。

對產業現況不了解，以致於無法提出促進產業發展與人才培育策略。

1. 農業綠能共構產業基本現況，與營運規模的現有資訊不足。
2. 產業、廠商發展瓶頸與趨勢公開資訊闕如。
3. 產業人力現況與需求，未有統整性資訊提供給人才供給端。

透過本計畫訪談、問卷方式取得產業營運、人力、發展瓶頸、需求，以解決：

1. 提供主管機關掌握產業發展的基準，並且能提出有利產業發展之措施。
2. 提供產業所需人才條件、培育方向給人才供給端，以回應產業人才所需。

2

全球再生能源趨勢

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

市場現況

再生能源將成為電力行業增長最快速的分項，可望在2023年提供近30%的電力需求（國際能源署，2018）。
2017年全球再生能源新增投資額為2,800億美元，年成長2.2%（REN21，2018）。

前五大國

以投資額來看，最高的前5大國家分別為中國、美國、日本、印度與德國。

目前全球前五大再生能源設置國分別為中國、美國、德國、印度與日本。

潛力項目

至2017年底全球再生能源累積發電裝置容量達2,195 GW，年增178 GW，主要來自**太陽光電與風力發電**。

3

政策支持農業綠能共構推動

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

政策支持

- 中國：可再生能源電力配額及考核辦法
- 日本：再生能源特別措施法
- 德國：在生能源電價法
- 美國：可再生能源發電稅收抵免
- 台灣：再生能源發展條例

結合農業發展

- 中國：光伏扶貧
- 日本：農山漁村再生能源法
- 德國：促進農業能源諮詢措施
- 美國：美國農村能源方案
- 台灣：申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法

4

農能共構趨勢：美國

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

美國農村能源方案提供再生能源系統補助，幫助農民進行評估再生能源開發，提供農民和農企業補助和貸款。估計這些項目每年可產生並節省7,300 GWh電力，足以為一年內超過66萬個家庭供電（USDA，2015）。

美國國家再生能源實驗室於明尼蘇達州，進行太陽能周圍探討種植之合適物種與生長條件。

目前明尼蘇達州已於2016年通過原生原生植物、農作物與授粉友善棲息地結合太陽能的農場法案。

3 Porch農場透過REAP，自2012年以來100%實現太陽能。

此農場為USDA有機認證花卉和水果生產基地，田間鮮花採收後進入屋頂設有太陽能的可保持涼爽。

資料來源：http://eip.iner.gov.tw/msn.aspx?datatype=bmV3cw==&id=Nzcy、https://athensmade.com/stories2018/2018/3-porch-farm、

5

農能共構趨勢：中國

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

中國國務院2016年將「光伏扶貧」以及農光互補的扶貧方案納入其中，鼓勵分散式太陽能發電結合農業設施，發展小水電、風能、沼氣、農林與畜牧廢棄物之生質能等再生能源，推動農村電網升級改造，以在2020年時使貧困村落可獲得穩定的供電服務（中國國務院，2016）。

壽陽光伏農業科技示範產業園位於山西省壽陽縣，主要種植苗木等。由建設太陽能設施之企業提供大棚設施、噴滴灌設施等基本農業生產設施。

東溝農光互補基地具有產出電力、農作與漁獲三重獲利模式，負責魚蟹稻田的租賃者，於2017年收成魚類50公斤及蟹25公斤，並持續拓展太陽能與魚蟹稻田生產基地10多公頃。

資料來源：https://kknews.cc/agriculture/o32kmjo.html、
http://www.hsln.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=59&id=22

6

農能共構趨勢：德國

德國國家能源效率行動計畫「促進農業的能源諮詢」措施規劃將在2016-2018 年間，成立第一個農業諮詢服務的計畫，政府將在三年期間，每年提供600萬歐元資金，針對4,000個農場提供能源諮詢的服務。

研究機構Fraunhofer Institute進行兩年的農業太陽能發電試驗。在2018年炎熱的夏季，太陽能組件的陰影提高了農業生產量，芹菜產量增加了12%、冬小麥產量增加了3%。根據2018年馬鈴薯產量，土地利用效率每公頃上升到186%。

德國南部著名能源村Wildpoldsried以酪農業、林業為主。起初市政府從公共的空間架設太陽能板，將躉購的收益直接回饋到公共設施。發電為小鎮帶來每年600萬歐元的收益。

資料來源：https://www.cet-taiwan.org/node/3052、 https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2017/harvesting-the-sun-for-power-and-produce-agrophotovoltaics-increases-the-land-use-efficiency-by-over-60-percent.html

7

農能共構趨勢：日本

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

以農林水產省地方農政局為中心，提供有意投入營農型太陽能發電之農民諮詢服務，包含列舉亮點範例場域作為參照對象，提供自檢表表單作為後續建構案場的評估基準。太陽能發電躉構收益與建構相關技術，則透由產業專家所組成之專家團提供諮詢服務。

資料來源：農林水產省，2018

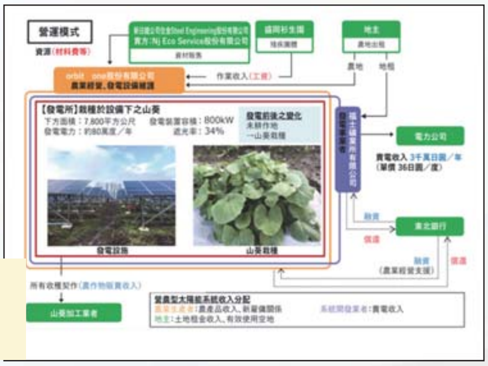
高知縣Sunvillage 四萬十農業組織為保護地區農業發展開發出蔬菜種植與太陽能發電多角化經營，一方面可活用土地，另一方面則透過營農型太陽能發電取得收入，並作為該農業組織運作經費來源。

8

日本營農型太陽能系統亮點案例模式

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

案例特色	太陽能系統歸屬	種植作物	農事生產者來源	農產品收入歸屬	賣電收入歸屬	土地來源
系統商同時經營農業生產	1 Orbit one太陽能系統開發公司	荒地種植山葵	系統開發商新雇員、地方殘疾人士	農業生產者	發電系統業者	向地主承租
地方農業組織自行出資建設	2 Sunvillage四萬十農業組織	水稻轉為蔬菜(芋頭、毛豆等)	Sunvillage四萬十農業組織	Sunvillage四萬十農業組織	Sunvillage四萬十農業組織	向地主承租

1


2

9

農能共構趨勢：台灣

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

農委會為支持配合推動國家能源政策鼓勵方向，營農型綠能設施明定應確實作農業使用，落實農地農用原則。非營農型綠能設施以引導至受污染農地或嚴重地層下陷地區不利耕作地結合使用。

2017年提出農業結合綠能五大推動策略：

畜牧設施：與沼氣發電、光電設施之結合，並促進畜牧產業升級轉型。累計屋頂光電2,027場。

漁電共生：加速水產養殖與光電結合使用的試驗研究。文蛤＋立架式光電魚類＋浮動式試驗中

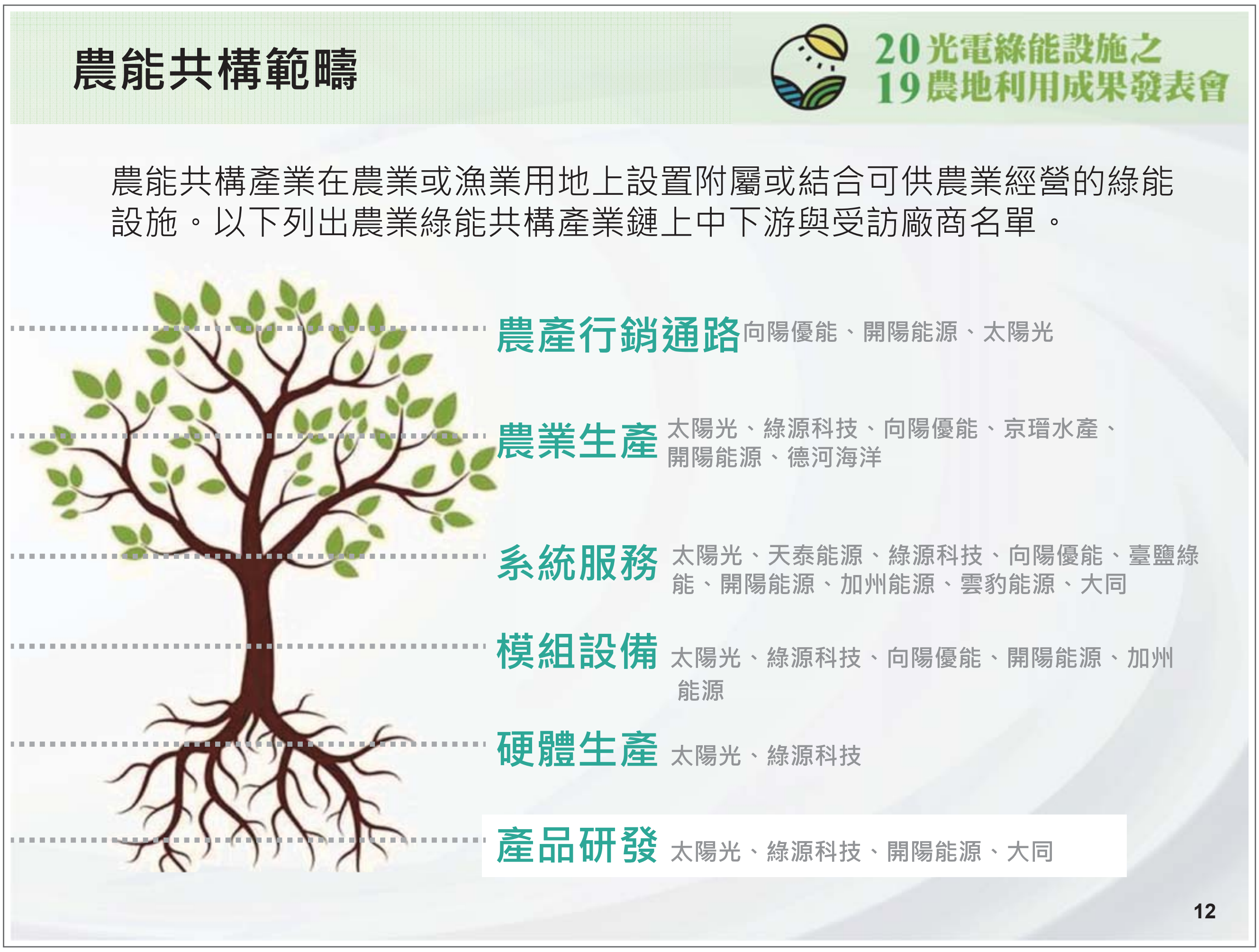
農業水域：先埤塘（含農用水庫）、後圳路，逐步推動農業水域設置光電設施。桃園完成第一口光電埤塘。

農作產銷設施：持續推動不妨礙農業生產之既有農業產銷設施屋頂附屬綠能設施。累積3,305件。

不利農業經營地區：善用不利農業經營地區，活化邊際農地。2017公告約2.3千公頃。

10

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會
台灣
農能共構產業分析
11


農能共構範疇
20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會
農能共構產業在農業或漁業用地上設置附屬或結合可供農業經營的綠能設施。以下列出農業綠能共構產業鏈上中下游與受訪廠商名單。
農產行銷通路 向陽優能、開陽能源、太陽光
農業生產 太陽光、綠源科技、向陽優能、京瑨水產、開陽能源、德河海洋
系統服務 太陽光、天泰能源、綠源科技、向陽優能、臺鹽綠能、開陽能源、加州能源、雲豹能源、大同
模組設備 太陽光、綠源科技、向陽優能、開陽能源、加州能源
硬體生產 太陽光、綠源科技
產品研發 太陽光、綠源科技、開陽能源、大同
12

農能共構受訪廠商基本資料

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

調查項目	次數	比例%	調查項目	次數	比例%
公司成立年數(N=12)			營業項目(N=10，複選)		
未滿一年	2	16	光電設備架設	6	60
1-5年	3	25	養殖場域	6	60
5-10年	2	16	作物生產	5	50
10年以上	5	41	太陽能板類型(N=12，複選)		
投入農電時間(N=10)			地面立柱式	7	58
未滿一年	2	20	設施屋頂式	7	58
1-2年	2	20	水面浮筏式	3	25
2-3年	1	10	其他	1	8
5年以上	5	50	產業鏈位置(N=10，複選)		
現有員工人數(N=11)			產品研發	5	50
未滿10人	2	18	[illegible]	2	20
11-30人	1	9	行銷通路	4	40
30-50人	3	27	設備組裝	5	50
51-100人	4	36	系統服務	8	80
101-200人	1	9	農業生產	7	70
2018年營業額(N=11)					
500萬元以下	2	18	2-4億元	1	9
501-1,000萬元	1	9	4-6億元	3	27
1-2億元	2	18	6億元以上	2	18

受訪廠商成立年數以**10年以上**為最多，共有5家（41%）

投入農業綠能時間以**5年以上**為最多（50%）

正職員工數量以**51-100人為**最多，共有4家（36%）

光電設備與農業生產項目**同時經營**約有5家業者（50%）

以**地面立柱式**及**設施屋頂式**太陽能板為最多（58%）。其次為水面浮筏式（25%）

廠商所佔產業鏈位置以**系統服務**為最多，共有8家（80%）

2018年營業額以**4-6億元**為最多，共有3家（27%），其次為500萬元以下、1-2億元及6億元以上各有2家（18%）

13

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

14

農能共構受訪廠商職務說明

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

農業生產面：農業綠能共構下農漁種植、養殖生產管理，如農事操作人員。

硬體研發製造面：光電硬體設備研發、製造管理，如研發工程師。

專案推廣面：為推動專案，開發與擬定專案推動策略，維持案場地主、相關人良性互動，如規劃設計專員。

安裝與維修面：案場設計包含丈量勘查、製作工程圖、施工圖等，如工程設計師。

維運品管面：品質驗收檢定、維運與落實系統營運與養護品質目標之管理，如維運工程師。

行政面：協助業務所需相關行政作業管理等。

15

農能共構受訪廠商人力需求條件

20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會

*需要的訓練或條件

農業生產面需**具備管理經驗**，負責生產專區。青農的平均待遇起薪35K。

硬體研發製造面電機與電子工程為人才來源、有工作經驗，具研發及創新精神、待遇起薪為35-45K（仟元）。

專案推廣面人才來源多元，**具耐心、溝通協調，了解農、漁業生產、綠能設備維護概論**。起薪為30K-45K，有些公司提供裝置容積獎金則年薪可達200萬元以上。

安裝與維修面若具有**工程管理、結構技師技能**優先考量。農業綠能共構**需要整合與溝通的能力**。起薪35K-55K，加上專案開發獎金後月薪可達80K。

維運品管面能接受出差到偏遠地區、中南部之戶外工作，**活潑、有熱忱。因對太陽能光電板的清潔維運需要爬高，有高空作業經驗者佳**。待遇起薪30K，較資深者月薪可達43K。

行政面了解再生能源政策、法規包括土地變更法條及作業流程等者佳。

16

農能共構受訪廠商人力需求與培育方向

20光電綠能設施之 19農地利用成果發表會

農業綠能共構受訪廠商2019年人力需求數量

職務項目	專案推廣面(需求最多)	安裝及維修面	維運品管面	農業生產面	行政面	硬體研發製造面	合計
2019新增	25	16	14	13	11	3	82
佔比%	30	20	17	16	13	4	100%

新增需求	2020年	2021年	2022年
樂觀	394	644	1053
持平	323	433	580
保守	252	263	275

短期人才培育課程方向
1. 綠能設備維護的基礎知識。
2. 屋頂安全作業注意事項、相關法規等安全衛生教育訓練課程。
3. 強化企業內部對政策、法規的了解，包括土地變更法條及作業流程等。
4. 基本農業生產概論。

中長期人才培育方向
1. 培育研析農能共構適宜物種人才，開發再生能源設施共構下適宜作物與養殖種類。
2. 結合智慧農業與農能共構系統性規劃設計人才。
3. 再生能源與農業共存議題研究專業人才，針對再生能源設施如離岸風機、太陽能板等對農業環境影響數據收集、分析及提出應對策略。

17

農能共構與智慧養殖漁業人力需求與培育方向分析

20光電綠能設施之 19農地利用成果發表會

計畫	農能共構產業	智慧養殖漁業
人力需求最高	專案推廣人員 2020年預估120名(總需求394名)	業務推廣人員 2020年預估245名(總需求628名)
產業瓶頸	1.假種田真種電負面觀感。 2.案場申請卡件。	系統性智慧化設備造價高，整場智慧化養殖所佔產業比例低。
短期培育方向	1. 綠能設備維護的基礎知識。 2. 屋頂作業注意事項及相關法規。 3. 營農型太陽能相關政策法規。 4. 基本農業生產概論。	1. 跨域整合包括檢測設備、數據分析、生物特性等整合性觀念。 2. 培養開發及生產高價魚種核心技術能力。
產業特性	1. 以系統開發商為主導，跨域結合農業。 2. 人才多為電機、光電為核心科系。	1. 以養殖場域為主體，跨域結合智慧化系統或設備。 2. 人才以水產養殖、資工為核心科系。
相同處	1. 飼養高價魚種：慎選物種並以計畫性生產、控管質與量。 2. 簡化作業：綠能設施結合室內養殖與智慧化，將養殖作業化繁為簡。 3. 降低風險：避免養殖水溫日高低溫落差過大之天災風險。	1. 飼養高價魚種：開發及生產高價魚種核心技術。 2. 簡化作業：透過自動化設備與ICT、IoT設備的結合，將漁民作業場域由外轉內。 3. 降低風險：並透過監測設備可提早發現問題降低養殖所面臨的風險。

農能共構受訪廠商景氣預估

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

受訪企業對於未來三年平均**景氣預估以樂觀居多**有8家（73%），其次則為保守（18%）及持平（9%）。合併統計受訪之11家企業預估未來三年**營業額成長率為34±29.5%**。

1 全球社會趨勢：Cop25、RE100 等國際組織

2 政策影響：國內政策支持產業、傳統養殖轉型

3 國內研發突破：共生物種與栽培開發加速推動

4 國際通路：外銷企業需要綠能或碳足跡證明

5 跨業結合：結合智慧農業吸引青農回流

負面 國內經濟趨勢：躉購費率持續下修

負面 國內社會環境變遷：假種田真種電負面觀感

19

農能共構受訪廠商建議I

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

漁電共構發展策略建議

1.與NPO合作，強化**正確知識的透明化**、資訊的揭露。

2.增加辦理系統業者、地主與農漁民等利益相關人交流活動。

3.須慎選物種，以計畫性生產、控管質與量。

4.以養殖登記作為漁電共構養殖計畫書之依據，由中央制定審查標準並公告可養殖物種。

農能共構農產銷售系統與認證建立

1.建議成立**農能共構產銷班**，協助整合農電共構優質農產。

2.透過政府或第三方組織推動，如國外評估農產品生產過程中，符合對環境友善、碳排放等指標，予以**農產品綠能認證**，提升產品價值。

農業綠能發電專區

1.建議以1公頃、發電量499 kW以下為農能共構示範場，以小單位檢視成效，再進行專區許可核予。

2.**經營計劃書不應限制種植物種**，應由中央制定審查標準並公告，只要符合公告之物種應皆可以選擇。

20

農能共構受訪廠商建議II

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

政策支持產業發展

1. **強化對法規的解釋**，避免業者的自我解釋而曲解或是鑽漏洞，造成補件說明流程往返，及假種田真種電之亂象，影響產業形象與發展。
2. **增設農能共構單一窗口**，加速受理案場申請及審查經營規劃書效率。
3. 光電設施架設與農業經營計畫書要同時進行審查。

調整與加速審查流程

1. 躉購電價措施可保護光電業者，可免於遭受中國低成本且高技術能力的產品打擊與活化當地社區量能。
2. 建議**加速審查申請強固型溫室加裝太陽能板**之案場。

21

農能共構受訪廠商名單與基本資料

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

	廠商名稱	受訪者	成立時間	投入農電時間	太陽能板類型	產品外銷佔比
1	綠源科技股份有限公司	壽明驊	2007	2016	地面立柱型、設施屋頂型	1-10%日本
2	向陽優能電力股份有限公司	陳貴光	2010	2010	地面立柱型、設施屋頂型 水面浮筏式	無外銷有此規劃
3	開陽能源股份有限公司	蔡宗融	1999	2010	地面立柱型、設施屋頂型	無外銷有此規劃
4	太陽光電能源科技股份有限公司	羅家慶	2006	2012	地面立柱型	21-30%日本
5	德河海洋生技股份有限公司	吳昕蓓	2008	2018	地面立柱式(審核中)	61-70% 水產外銷至中國
6	天泰能源公司	鄭琦文	2011	2013	設施屋頂型	無外銷無此規劃
7	富陽能源管理顧問有限公司	馬詩萍	2018	2018	略	無外銷無此規劃
8	雲豹能源科技股份有限公司	鄭雅云	2016	2016	地面立柱型、設施屋頂型 水面浮筏式	無外銷無此規劃
9	京璢水產養殖公司	連俊堯	2018	2018	設施屋頂型	無外銷有此規劃
10	大同永旭能源股份有限公司	黃允巍	2015	2017	水面浮筏式	無外銷無此規劃
11	加州能源科技有限公司公司	郭軒甫	1984	2014	設施屋頂型	無外銷無此規劃
12	臺鹽綠能股份有限公司	郭政瑋	2017	2017	地面立柱型	無外銷無此規劃
13	中華民國太陽光電發電系統商業同業公會	郭軒甫	2010	略	略	略
14	台灣太陽光電產業協會	姜暐先	2007	略	略	略

感謝聆聽
敬請指教

22

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

光電綠能設施之農地利用成果發表會. 108 年. 簡報輯 / 林詠洲,
楊純明編. -- 初版. -- 臺中市 ：行政院農業委員會農業試驗所,
2019.10
面 : 21*29.7 公分. -- (農業試驗所特刊 : 第 219 號)
ISBN 978986544091 (平裝)

1.農作物 2.設施栽培 3.文集

434.207 108016610

編　　號：農業試驗所 2019 年 004 號
書　　名：108 年光電綠能設施之農地利用成果發表會-簡報輯
發 行 人：林學詩
編　　輯：林詠洲、楊純明
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所
地　　址：臺中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網　　址：http://www.tari.gov.tw
電　　話：(04) 23302301
出版年月：2019 年 10 月
版　　次：初版
展售門市：

1. 國家書店 / 104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207
   國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
2. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路 6 號 (04)22260330

定　　價：新台幣 300 元(平裝)
承 印 者：學安文化事業有限公司
地　　址：臺中市南區仁和二街 78 號
電　　話：(04) 22861600
ISBN 978986544091 (平裝)
GPN 1010801655
版權所有、轉載須經本所同意